COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MAI 1873.

PRÉSIDENCE DE M. DE QUATREFAGES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président de l'Institut** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres pour être présenté à l'élection, qui doit être faite par l'Institut, de cinq Membres du Conseil supérieur de l'Instruction publique.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** informe l'Académie que quatre places sont actuellement vacantes au Bureau des Longitudes, par le décès de MM. *Delaunay* (Section de l'Académie des Sciences), contre-amiral *Mathieu* (Section de Marine), maréchal *Vaillant* (Section de la Guerre), *Lamé* (Section de Géographie); il la prie de vouloir bien présenter prochainement deux candidats pour chacune de ces places.

(Renvoi aux Sections de Géométrie, d'Astronomie et de Géographie et Navigation.)

MAGNÉTISME. — *Sur la force portative des aimants;* par M. **J. Jamin**.

« J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie deux aimants disposés suivant le système que je lui ai fait connaître : l'un, de dimension

moyenne, pèse 6 kilogrammes et en porte 80; l'autre, qui est sans contredit le plus puissant qu'on ait jamais construit, porte environ 500 kilogrammes, avec un poids dix fois moindre. Avant de le décrire, j'exposerai les principes de sa construction.

» I. La force portante d'un aimant dépend d'une foule de circonstances: en premier lieu, de la masse du contact et de l'exactitude avec laquelle il est dressé. S'il est petit, l'aimant garde une partie de son magnétisme, et le contact prend à ses deux extrémités deux pôles du même nom que ceux qu'il touche. Lorsque sa masse augmente, ce magnétisme apparent diminue, et à la limite disparaît en totalité. C'est à ce moment que la force portante est la plus grande, puisque tout le magnétisme est employé à la produire.

» C'est ainsi que j'ai vu un contact supporter 267 kilogrammes étant appliqué seul à l'aimant, et soutenir 305 kilogrammes quand on lui avait ajouté sur les deux faces deux lames de fer qui en augmentaient le poids. Il ne faut pas cependant augmenter indéfiniment ce poids, car on voit alors l'action diminuer. C'est que, pour décomposer le magnétisme du fer doux, l'aimant dépense une partie de sa puissance. Il faut donc régler convenablement la masse du contact.

» Il faut aussi régler la surface d'adhérence de ce contact avec l'aimant; si elle grandit, la force diminue; si elle décroît au delà d'une certaine limite, elle agit comme un contact trop petit, tout le magnétisme du barreau n'est plus dissimulé; là encore il y a un maximum à chercher.

» II. Lorsqu'on superpose une lame d'acier aimantée à un faisceau déjà formé, elle éprouve une première sorte d'influence : deux quantités équivalentes de magnétismes opposés se séparent; l'une est attirée contre le faisceau, l'autre est repoussée à la face extérieure de la lame qu'on ajoute : autrement dit, les solénoïdes qui aboutissaient à la surface de ce faisceau se prolongent à travers la nouvelle lame et jusqu'à la nouvelle surface; c'est comme si le magnétisme primitif se transportait à cette surface, et cette action n'ajoute rien à l'état premier de l'aimant. Mais celui-ci produit deux autres actions : il repousse à l'extérieur le magnétisme qu'avait la lame, et, d'autre part, il détermine dans celle-ci une aimantation contraire, d'autant plus grande qu'il est plus énergique. La différence de ces deux actions représente le gain que la lame ajoutée apporte au faisceau. Ce gain, d'abord considérable, diminue quand le nombre des assises augmente; il devient nul à la fin, et l'on arrive à l'aimant normal. Le magnétisme devient maximum et égal à M; la force portante atteint la

limite f, et chaque lame conserve une quantité de magnétisme $e = \frac{M}{n}$, qui décroît proportionnellement au nombre n des éléments, et qui est toujours inférieure à la quantité E qu'elles avaient reçue par l'aimantation.

» III. Cette quantité f n'est qu'une limite inférieure de la force portative. Supposons que, le contact de l'aimant ayant été fixé dans un support convenable, on place successivement contre lui les lames d'acier qui doivent constituer l'aimant, après les avoir aimantées séparément à saturation. Le magnétisme E de chacune d'elles disparaîtra en provoquant dans ce contact un aimant égal et contraire qui le neutralisera; mais, ce magnétisme ne sera que dissimulé et non détruit, et le nombre des lames étant n, la totalité ne se limitera plus; elle sera nE, la force portative aura augmenté proportionnellement au nombre des lames; elle sera F, toujours plus grande que f, et la différence F-f croîtra avec n.

» Je viens de dire que la totalité du magnétisme de chaque lame est dissimulée par le contact. Cela a lieu pour les premières lames; mais, leur nombre augmentant, le contact finit par être insuffisant : une certaine quantité de magnétisme ne se dissimule plus et demeure libre; elle augmente progressivement, les lames réagissent l'une sur l'autre, perdent de leur polarité et arrivent à un nouvel état limite. Pendant ce temps, F a crû lentement, puis demeure constant.

» F est une limite supérieure de la force portative. On la mesurera par le premier arrachement du contact. Une fois ce contact arraché, les lames récupèrent le magnétisme qu'il avait dissimulé; elles se retrouvent livrées à leur influence mutuelle, comme dans le cas où on les superpose sans ce contact; alors elles se désaimantent, reprennent chacune la charge $e = \frac{M}{n}$, le faisceau garde sa quantité M de magnétisme, et la force portative est redevenue f.

» IV. Quand, par un premier arrachement, la force portative a été réduite de F à f, elle ne varie plus ou elle varie très-peu par les arrachements ultérieurs. Il est possible de la reporter de nouveau à sa valeur maximum F; il suffit d'entourer chaque branche de l'aimant d'une spirale de fils électriques, d'adapter le contact sous les surfaces polaires et de réaimanter le faisceau. J'ai déjà publié les résultats qu'on obtient dans ce cas sous le titre de *Condensation électrique*.

» J'avais, par exemple, constitué un aimant avec quatorze fers à cheval superposés de 70 centimètres de longueur et du poids de 10 kilogrammes. Cinq suffisaient pour atteindre l'aimant limite, les neuf autres étaient en

surcroît. Aussi, quand on les séparait, les trouvait-on à peu près désaimantés; la force portative f était égale à 300. Quand on réaimantait le faisceau avec son contact appliqué, la force devenait F; elle était égale à 700 kilogrammes; elle était plus que doublée. Avec des aimants dépassant moins la limite normale, la différence entre F et f est moindre, mais toujours considérable.

» V. Or F est une force transitoire et sans utilité, puisqu'elle disparaît par le premier arrachement. Au contraire f est une force permanente, et exprime la vraie puissance toujours disponible de l'aimant. Il faut chercher à l'augmenter : on le peut au moyen des armatures placées d'une certaine manière.

» En effet, fixons les deux armatures à côté l'une de l'autre dans la position qu'elles doivent occuper quand l'aimant sera monté, puis plaçons contre elles, une à une, les lames d'acier séparément aimantées, comme nous avons fait précédemment avec le contact. Si ces armatures se touchaient, elles agiraient comme ce contact agissait lui-même, c'est-à-dire qu'elles dissimuleraient tout le magnétisme E de chaque lame. En les séparant peu à peu et de plus en plus, elles agissent encore de la même manière, mais avec une énergie décroissante. Elles dissimulent, non la totalité, mais une partie de magnétisme. Le reste se porte aux surfaces extérieures. Les lames partiellement déchargées réagissent l'une sur l'autre; elles perdent de leur magnétisme primitif, mais elles en perdent moins que si les armatures n'existaient pas, et d'autant moins que celles-ci seront plus étendues. Si ensuite on vient à leur appliquer un contact, on a une force portative F_1 moindre que F, mais plus grande que f.

» VI. Pour justifier ces idées, j'ai monté un aimant de 45 lames d'acier repliées en ressort, que j'ajustai l'une après l'autre dans deux sabots de fer fixés l'un à côté de l'autre avec des brides de cuivre. Elles furent ensuite enveloppées de deux spirales de fils de cuivre. Au-dessous des sabots, dont la masse était négligeable, il y avait deux armatures de fer pesant 4 kilogrammes chacune; elles pouvaient être placées ou enlevées, et en outre rapprochées ou éloignées dans une coulisse où on les faisait glisser. Après l'aimantation faite avec ces armatures et le contact, on trouva $F = 380$ kilogrammes. Le contact ayant été arraché, puis remis, la force devint F_1 qu'on trouva égal à 260 kilogrammes. Ensuite on enleva les armatures, ce qui réduisit l'aimantation à son minimum; on les replaça sans aimantation nouvelle, et l'on ne retrouva pas la force première de 260 kilogrammes, mais seulement 170 kilogrammes. En réaimantant avec les armatures

replacées, mais sans contact, on reproduisit 260 kilogrammes. L'effet de l'armature a donc été de porter de 170 à 260 la force vraie et permanente.

» L'épreuve suivante confirmera la précédente : on appliqua un petit contact d'épreuve suspendu à un plateau de balance sur un point de la surface polaire pris vers son bord intérieur, et l'on mesura par la méthode ordinaire la force d'arrachement de ce petit contact. Après une aimantation préalable, elle fut égale à 1130 grammes.

» On éloigna les armatures de 100 millimètres, puis on les remit dans leur première position; mais on ne retrouva point la force de 1130 grammes : elle était réduite à 1075 grammes. On enleva les armatures, puis on les replaça, et la force fut de nouveau réduite à 925 grammes. On voit, en résumé, qu'une armature peut augmenter la force d'un aimant, mais à la condition d'être *placée avant l'aimantation ;* mise après, contre l'aimant tout formé, elle l'affaiblit.

» VII. De ces faits, on peut déduire les conditions qui doivent présider à la construction de l'aimant le meilleur qui puisse être fait avec des lames d'un acier et d'une longueur donnés.

» 1° Le contact devra dissimuler la totalité du magnétisme répandu sur la surface extérieure de l'aimant. Pour cela, il faut lui donner une masse suffisante.

» 2° Cette masse étant donnée, il faudra réduire la surface d'adhérence jusqu'au moment où l'on verra augmenter le peu de magnétisme libre que l'application du contact laisse sur l'aimant.

» 3° Quand la longueur et la largeur des lames sont déterminées, il faut que leur nombre soit suffisant pour faire apparaître un peu de magnétisme libre sur l'aimant, lorsque le contact est placé. Si ce nombre est moindre, la limite de force permanente n'est pas atteinte; si on le dépasse, on ne gagne plus rien.

» 4° Les armatures doivent être fortes, bien appliquées, très-rapprochées; toutefois il ne faut pas exagérer leur poids.

» VIII. Ces conditions établies, voici comment est construit l'aimant que je soumets à l'Académie. Deux armatures pesant chacune 16 kilogrammes, placées vis-à-vis l'une de l'autre, sont fixées solidairement par des brides de cuivre très-résistantes; leur largeur est de 11 centimètres, leurs surfaces polaires horizontales et dirigées vers le bas sont à 12 centimètres de distance, leur épaisseur transverse est de 20 millimètres; elles sont bien dressées et reçoivent un contact cubique de fer doux qui pèse

13 kilogrammes. A partir de ces surfaces, les armatures s'élèvent, en s'écartant l'une de l'autre et en s'amincissant, et se terminent par un bord tranchant.

» Elles sont réunies vers le haut par une lame d'acier de $1^m,20$, fixée par des vis sur leur surface extérieure, et qui se recourbe librement suivant la forme déterminée par son élasticité. Toutes les autres lames préalablement aimantées sont mises à l'intérieur de celle-ci, l'une après l'autre; abandonnées à elles-mêmes, elles se collent l'une à l'autre pendant que leurs extrémités appuient sur les armatures; à mesure que leur nombre augmente, la force portative croît comme il suit :

n.	F.	F_1.	$F-F_1$.
20	175^{kg}	154^{kg}	21
30	316	280	46
40	460	376	84
45	558	460	98
50	600	475	125
55	680	495	185

» La force portative F, que l'on mesure après le premier arrachement, est toujours plus grande que F_1 qui est la force permanente; la différence va croissant, d'abord peu rapidement jusqu'à 40 ou 45 lames. A ce moment on voit apparaître une notable quantité de magnétisme libre sur les extrémités de l'aimant et du courant. De 40 à 55, la force F va en augmentant, comme nous l'avons expliqué, mais F_1 demeure à peu près constant et atteint environ la limite de 500 kilogrammes, limite qu'on ne peut dépasser dans les conditions d'armatures, de contact et d'acier que l'on s'est données; en s'arrêtant à 45 lames, le poids total est de 46 kilogrammes, et l'on voit que l'aimant porte 460 kilogrammes ou 16 fois son poids; mais la qualité relative de l'appareil diminue rapidement quand on augmente le nombre des lames au delà, puisque son poids augmente plus rapidement que sa puissance. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cause qui détermine la tuméfaction de l'obsidienne exposée à une température élevée;* par MM. **Boussingault** et **Damour**. (Extrait par les auteurs.)

« L'obsidienne exposée à l'action du feu présente un curieux phénomène; au rouge cerise elle n'éprouve aucun changement, mais entre le rouge orange et le rouge blanc, elle se boursoufle subitement en une

masse spongieuse, incolore, remplie d'une multitude de vacuoles et dont l'aspect n'est pas sans analogie avec celui de la pierre ponce. En élevant la température, l'obsidienne tuméfiée s'affaisse, fond et reprend l'état vitreux.

» La tuméfaction de l'obsidienne a depuis longtemps attiré l'attention des géologues. Pendant son séjour à Quito, Humboldt entreprit, avec M. de Larea, des expériences sur le gonflement des verres volcaniques du Quinché, du Cotopaxi, de Ténériffe. L'expansion, mesurée avec soin, fut d'environ 5 fois le volume initial; à son retour en Europe, le célèbre voyageur, conjointement avec Rose et Karsten, essaya, sans le moindre succès, de recueillir les fluides élastiques auxquels il attribuait le boursouflement (1).

» L'un de nous, dans une exploration des volcans de l'Équateur, eut l'occasion de constater que, en se tuméfiant, l'obsidienne ne perd qu'une *très-faible quantité de matière;* pour le verre volcanique du Puracé, la perte ne dépassa pas 0,005. Depuis, M. Ch. Sainte-Claire Deville, dans un remarquable *Essai sur le trachitisme,* trouva que le poids de l'obsidienne diminue de 5 à 6 millièmes par la calcination; les substances volatiles qu'il put condenser étaient chlorurées, empyreumatiques ou ammoniacales; jamais elles ne présentèrent la réaction acide (2).

» Antérieurement aux observations que nous venons de rappeler, Spallanzani avait étudié, avec la sagacité qui caractérise tous ses travaux, l'effet d'une haute température sur un grand nombre de roches volcaniques. Les bulles que l'on voit dans les laves, dans les verres, dans les émaux sortis des volcans, l'illustre naturaliste les considérait comme engendrées par des fluides aériformes, et, après avoir reconnu que ces bulles apparaissaient dans les roches à structure compacte, par l'application du feu, ainsi qu'il arrive à l'obsidienne, il fit des tentatives réitérées pour recueillir les gaz, en chauffant ces roches dans des matras en terre réfractaire imperméable, dont les cols communiquaient avec l'appareil pneumato-chimique à mercure.

» Ainsi Spallanzani supposait alors, comme on l'a supposé depuis, que le boursouflement d'un verre volcanique était la conséquence du dégage-

(1) Humboldt et Bonpland, *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent*, t. I, p. 160.

(2) *Comptes rendus*, t. XXLVIII.

ment, de la libération de gaz permanents emprisonnés dans la matière soumise à l'action de la chaleur (1).

» Les expériences portèrent sur l'obsidienne tigrée de Lipari. On en chauffait ordinairement 12 onces (367 grammes), à une température modérée d'abord, pour chasser l'air des matras, puis ensuite au rouge très-vif, pendant huit à douze heures. Dans tous les cas, l'on ne recueillit qu'un volume insignifiant de gaz ayant les propriétés de l'air atmosphérique. Après le refroidissement, on trouvait la matière boursouflée toute pleine de bulles, évidemment produites par un fluide élastique « qui ne pouvait » être permanent, autrement il se serait rassemblé sur le mercure, ce qui » me fit soupçonner (dit Spallanzani) qu'il était une vaporisation du verre » que la chaleur violente vaporisait ou gazéifiait, et qui durait dans cet » état autant que cette chaleur. C'est ainsi que l'on voit les métaux, tour- » mentés par un feu violent, bouillir comme les fluides et se vaporiser.

» Cependant le verre vaporisé, producteur de ces bulles, ne passait pas » dans l'appareil pneumato-chimique, parce que la chaleur, étant moindre » dans le col du matras, ne pouvait conserver le verre dans l'état de » gaz (2). »

» Nous avons cru devoir transcrire ce passage, parce qu'il exprime nettement l'opinion de Spallanzani sur la cause du boursouflement : « que les » bulles, dans les matières fondues, sont une conséquence de la vapori- » sation de ces matières ».

» Il y a contre cette opinion ce fait que, le boursouflement étant accompli, une température plus élevée détermine la fusion de l'obsidienne boursouflée en un verre homogène que la plus forte chaleur ne fait plus changer d'état. Ainsi la substance vitreuse aurait perdu la faculté de se vaporiser; il faudrait alors admettre, pour expliquer le phénomène, la présence, dans les verres volcaniques, d'une proportion limitée de matière vitreuse volatile qui serait dissipée pendant la tuméfaction.

» En chauffant les produits des volcans, Spallanzani en retira toujours une faible quantité d'eau, généralement acidifiée par de l'acide chlorhydrique.

» Avant d'entrer dans les détails de nos expériences, nous rappellerons quelle est la constitution des obsidiennes :

(1) Spallanzani, *Voyage dans les Deux-Siciles*, t. III, p. 232 (traduction).

(2) Spallanzani, *Voyages*, t. III, p. 236, 239, 241.

	Lipari(1).	Ténériffe(2).	Inde(3).	Cerro de Navajas(4).	Guadeloupe(5).	Chatoyante de Platilla(6).	Puracé. Popayan (7).
Silice...........	74,1	61,2	70,3	78,0	74,1	73,6	75,0
Alumine........	13,0	19,0	8,6	10,0	10,4	14,2	10,7
Potasse..........	5,1	3,5	»	6,0	1,1	4,4	4,9
Soude...........	4,2	10,6	3,3	»	4,8	4,6	3,0
Chaux..........	0,1	0,6	4,6	1,0	2,1	»	»
Magnésie........	0,3	0,2	1,7	»	0,4	1,4	3,0
Oxyde ferrique...	2,7	4,2	10,5	2,0	6,9	1,8	2,7
Oxyde manganeux.	»	0,3	0,3	1,6	0,8	»	»
Chlore..........	0,3	0,3	»	»	»	0,1	traces.
	99,8	99,9	99,3	98,6	100,6	100,1	99,3
Densités.........	2,35	2,53	2,47			2,36	2,34

» L'obsidienne ne contitue pas une espèce minérale : c'est une roche feldspathique, comme le pétrosilex, la porlite, la ponce, que Haüy nommait une obsidienne scoriforme; les seuls principes qui s'y rencontrent pouvant prendre l'état aériforme sont l'eau et le chlore. Ajoutons qu'il n'est pas impossible que des gaz occlus contribuent aussi au phénomène d'expansion.

» En conséquence, nous nous sommes proposé de rechercher :

» 1° La perte que l'obsidienne subit par l'action d'une température capable d'en déterminer la tuméfaction;

» 2° S'il y a émission de gaz pendant cette tuméfaction;

» 3° La quantité d'eau et d'acide chlorhydrique éliminée;

» 4° Les proportions de chlore contenues dans l'obsidienne, avant et après la tuméfaction.

» I. *Pertes éprouvées par l'obsidienne exposée au feu.* — Un fragment de minéral du poids de 4 à 5 grammes était chauffé dans un creuset de platine; d'abord au rouge sombre, ensuite à la température rouge orangé à laquelle a lieu le boursouflement. Dans quelques cas, la masse tuméfiée a été fondue à la chaleur blanche en un verre homogène et transparent. Voici les résultats rapportés à 1 gramme de matières :

(1) et (2) Abich. (3) Damour. (4) Vauquelin. (5) Ch. Sainte-Claire Deville. (6) Damour. (7) Jos. Boussingault.

	Perte pendant la tuméfaction.
	gr
Obsidienne du volcan de Puracé; Nouvelle-Grenade.......	0,00556
» Vallée de Mexico..........................	0,00211
» à reflet métallique, Mexique................	0,00630
» Californie...............................	0,00104
» Astsango, Équateur	0,00118
» Caucase................................	0,00168
» Cerro de las Navajas, Mexique (moyenne)......	0,00330
» Islande................................	0,00450
» Chattoyante, de Platilla, Mexique............	0,00690
» Siccipamba, Équateur (moyenne)............	0,00235
» Lipari..................................	0,00730

» Généralement, par la tuméfaction, l'obsidienne a pris un volume deux à sept fois plus grand que le volume initial. Au reste, le mode d'application de la chaleur a de l'influence sur l'expansion. En jetant un fragment de l'obsidienne de Lipari dans un creuset chauffé à la température de la fusion du fer, la tuméfaction eut lieu presque instantanément, et la masse tuméfiée, extrêmement légère, fut dix-huit ou vingt fois aussi volumineuse que le minéral qui l'avait produite.

» Dans toutes les expériences, l'obsidienne, maintenue au rouge obscur et même au rouge cerise, n'a pas changé d'aspect; la perte qu'elle a éprouvée a été nulle ou insignifiante.

» II. *Expériences pour constater s'il y a émission de gaz pendant la tuméfaction de l'obsidienne.* — On introduisait le minéral en fragments dans une cornue de porcelaine dont on avait reconnu l'imperméabilité par une série d'épreuves exposées dans notre Mémoire, épreuves indispensables, parce que, dans ce genre d'expériences, on doit craindre une intrusion de gaz venant de l'extérieur, s'accomplissant avec une telle lenteur qu'elle peut passer inaperçue. En huit ou dix heures, il ne pénètre quelquefois que quelques centimètres cubes de gaz dans une cornue vide d'air maintenue à la chaleur blanche. Ces gaz sont en partie combustibles, parce qu'ils viennent du foyer. On reconnaît cet accident à ce caractère que l'introduction du gaz ne s'arrête pas, pour minime qu'elle soit.

» La cornue chargée du minéral était mise en relation avec une pompe pneumatique à mercure; on pouvait ainsi faire tuméfier l'obsidienne dans le vide et recueillir le gaz qui se dégagerait. Les volumes de gaz recueillis à l'aide de cette disposition ont toujours été très-faibles. En moyenne

117 grammes d'obsidienne de Lipari et du Cerro de las Navajas en ont fourni 10 à 12 centimètres cubes, consistant principalement en un mélange d'azote et d'acide carbonique, soit environ $0^{cc},1$ pour 1 gramme de matière. Une proportion aussi minime, puisque en poids elle ne doit pas s'éloigner de $\frac{1}{10}$ de milligramme, ne saurait intervenir dans le boursouflement. Ce fluide élastique occupe probablement de petites vacuoles très-inégalement réparties que l'on aperçoit dans la plupart des verres volcaniques. Nous ajouterons que, dans plusieurs expériences, la tuméfaction a eu lieu sans la moindre émission de gaz (1).

» III. *Dosage de l'eau et de l'acide chlorhydrique dégagés pendant la tuméfaction de l'obsidienne.* — En chauffant des fragments d'obsidienne dans une cornue de porcelaine vide d'air, on voit apparaître des gouttes d'un liquide incolore, limpide dans le tube qui réunit l'appareil à la pompe pneumatique; c'est de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique *pur*. Ce liquide est bientôt dissipé, la vaporisation étant favorisée par l'effet du vide.

» En brisant la cornue, on trouve au-dessus de la matière tuméfiée, près de la naissance du col, un anneau formé d'une substance blanche, farineuse, à réaction acide: c'est un mélange de divers chlorures, dû, d'après notre opinion, à l'action du gaz chlorhydrique sur les éléments de la porcelaine. C'est certainement cette matière que Spallanzani attribuait à la condensation d'une vapeur émanée du verre.

» Nous avons recueilli l'eau et l'acide dégagés du minéral dans un tube rempli de potasse récemment fondue, et que l'on pesait avant et après la tuméfaction de l'obsidienne; on dosait ensuite le chlore dans la potasse. En retranchant l'acide chlorhydrique représenté par le chlore du poids acquis par le tube à potasse, on avait le poids de l'eau.

» Le chlore du léger dépôt rassemblé dans le col de la cornue était dosé à part pour obtenir le poids de l'acide chlorhydrique que le tube à potasse n'avait pas fixé.

» Nous avons opéré avec 15 grammes d'obsidienne. Voici les résultats rapportés à 1 gramme:

---

(1) On trouve, dans notre Mémoire, les essais eudiométriques faits pour rechercher les gaz combustibles dans les faibles volumes de gaz recueillis.

	Eau.	Acide chlorhydrique.	Somme.
	gr	gr	gr
Obsidienne de las Navajas...	0,00277	0,00104	0,00381
» d'Islande.......	0,00394	0,000575	0,004515
» Chatoyante......	0,00636	0,00112	0,00748
» Lipari..........	0,004713	0,00144	0,006153
» Siccipamba......	0,00121	0,000186	0,001396

» L'eau, l'acide chlorhydrique sont des substances éliminées pendant la tuméfaction; pour savoir s'ils en constituent la totalité, il faut comparer leur poids à la perte éprouvée par l'obsidienne, quand on la fait tuméfier dans un creuset de platine :

	Eau et acide recueillis pendant la tuméfaction opérée en vase clos.	Perte par la tuméfaction opérée en vase ouvert.
	gr	gr
Obsidienne de las Navajas..	0,00381	0,00330 (moyenne).
» d'Islande.......	0,004515	0,00450
» Chatoyante.....	0,00748	0,00690
» Lipari.........	0,006153	0,00730
» Siccipamba.....	0,001396	0,00235 (moyenne).
	0,02354	0,02435

» En exceptant l'obsidienne de Siccipamba, le poids de l'eau et de l'acide chlorhydrique réunis ne diffère pas notablement de la perte par la calcination. En comparant la somme des produits recueillis en vase clos à la somme des pertes qui ont eu lieu en vase ouvert, la différence n'atteint pas 1 milligramme.

» *Dosage du chlore dans l'obsidienne avant et après la tuméfaction.* — L'acide chlorhydrique dégagé de l'obsidienne n'est pas à l'état libre dans le minéral. Ce gaz résulte de l'action de la silice sur les chlorures s'exerçant à une température élevée en présence de la vapeur d'eau. Après avoir été tuméfiée, une obsidienne doit contenir moins de chlorure. Cela semble évident; néanmoins, il nous a paru qu'il serait intéressant de s'en assurer en dosant le chlore avant et après le boursouflement.

» Nous présenterons ici le résultat des dosages rapportés à 1 gramme.

Localités.	Acide chlorhydrique avant la fusion.	Acide chlorhydrique après la fusion.	Acide chlorhydrique disparu.	Acide chlorhydr. recueilli pendant le boursouflem[t].
	gr	gr	gr	gr
Obsidienne de las Navajas...	0,002550	0,000904	0,001646	0,00104
» Islande......	0,001936	0,000968	0,001000	0,000575
» Chatoyante....	0,002497	0,000968	0,001529	0,00112
» Siccipamba...	0,000870	0,000662	0,000208	0,00019
» Lipari.......	0,002750	0,001327	0,001423	0,00144

» Nécessairement l'eau que contient l'obsidienne est expulsée en totalité pendant le boursouflement. Au rouge obscur, nous le répétons, l'eau reste dans le minéral, bien que la température doive approcher de 800 degrés, et que, par conséquent, sa tension soit considérable. C'est lorsque la chaleur est assez intense pour diminuer la cohésion, au rouge orange, que la vapeur aqueuse, le gaz chlorhydrique s'échappent instantanément de tous les points du minéral ramolli, mais encore très-consistant, en produisant une sorte d'écume remplie d'une multitude de vacuoles dispersées dans un verre incolore. C'est à cause de son peu de fusibilité que la masse tuméfiée prend et conserve la disposition cellulaire.

» L'eau, par l'expansion que sa vapeur acquiert quand cesse la pression qu'elle subit dans l'obsidienne chauffée au rouge, joue le rôle principal dans la tuméfaction. Cela est si vrai que, en soustrayant cette eau, la tuméfaction n'a plus lieu. Si l'obsidienne en morceaux ne laisse pas échapper l'eau qu'elle renferme, il n'en est plus ainsi quand elle est en poudre; chaque particule l'abandonne alors, même au-dessous du rouge; on parvient ainsi à obtenir une obsidienne anhydre ne se boursouflant pas et fondant en un verre transparent, faiblement coloré sans perdre de son poids.

» En résumé, nos expériences paraissent établir que la tuméfaction de l'obsidienne exposée à une température élevée n'est pas due à la mise en liberté des gaz occlus dans le minéral, comme le soupçonnait de Humboldt, ni à la volatilisation d'une substance vitreuse comme le croyait Spallanzani. La tuméfaction est occasionnée par une émission subite de vapeur d'eau et d'acide chlorhydrique qui se manifeste aussitôt que la cohésion de l'obsidienne, affaiblie par la chaleur, cesse d'être un obstacle à l'expansion des fluides (1). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'aldol; par* M. Ad. **Wurtz.**

« J'ai fait connaître l'année dernière un produit de condensation de l'aldéhyde, auquel j'ai donné le nom d'*aldol,* pour marquer son double caractère d'aldéhyde et d'alcool. Les recherches que j'ai poursuivies sur ce

---

(1) C'est accessoirement que nous nous sommes occupés des gaz qui ont apparu en minime proportion pendant le boursouflement de l'obsidienne. Nous aurions probablement donné plus d'extension à cette partie de nos recherches, si nous n'avions appris qu'un jeune savant, bien connu de l'Académie, M. Fouqué, était entré dans cette voie et que déjà il avait obtenu des résultats très-importants sur la nature des fluides élastiques occlus dans des roches de diverses origines.

corps sont de nature à confirmer l'hypothèse que j'ai énoncée d'abord sur sa constitution et sur ses fonctions.

» J'ai peu de chose à ajouter aux prescriptions que j'ai données concernant la préparation de l'aldol. Après une longue expérience, les proportions d'aldéhyde (1 partie), d'eau (1 partie), d'acide chlorhydrique à 21 degrés (2 parties), que j'ai indiquées me paraissent encore les meilleures.

» La réaction exige plusieurs jours pour s'accomplir à une température de 15 à 20 degrés. En hiver, il convient de placer le mélange dans l'étuve. J'ai manqué plusieurs opérations pour avoir négligé cette précaution, dans un moment où la température ambiante était assez basse. On sature par le carbonate de soude, dès que la couleur du liquide est arrivée au brun fauve. Si l'on attendait plus longtemps, la teinte deviendrait plus foncée et la neutralisation de la liqueur donnerait lieu à la séparation d'une quantité assez notable de matière résineuse. La liqueur neutre et filtrée est généralement très-peu colorée. On l'épuise par l'éther et l'on achève l'opération comme je l'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 1361).

» Parmi les propriétés physiques de l'aldol, il y en a une qu'il est intéressant de noter. Lorsqu'il vient d'être distillé, il est parfaitement liquide, même après avoir été refroidi; mais lorsqu'on l'abandonne à lui-même, il ne tarde pas à se réchauffer spontanément, et sa température peut s'élever notablement au-dessus de celle de l'air. Dans une expérience, 34 grammes d'aldol qui venaient d'être recueillis, par distillation, dans un récipient entouré de glace, étaient à 11 degrés, la température ambiante étant de 20 degrés. Cet aldol, parfaitement liquide, ayant été abandonné à lui-même dans un vase enveloppé de coton, on a noté les températures suivantes :

h m	o
1,00	11,0
1,20	33,0
1,25	37,0
1,45	52,0
2,10	54,0
2,25	51,0
3,00	44,5
3,35	38,0
5,00	30,0

» Au bout de quatre heures, sa température étant encore supérieure à celle de l'air ambiant, l'aldol était devenu épais.

» L'aldol liquide perd donc de la chaleur en devenant visqueux; en

même temps il se contracte notablement. Lorsqu'on distille dans le vide le produit épaissi, il redevient fluide. Il est possible que l'aldol visqueux offre avec l'aldol liquide les mêmes relations que l'aldéhyde avec la paraldéhyde; seulement le groupement polymérique de l'aldol serait moins stable que le groupement polymérique de l'aldéhyde.

» Lorsqu'on le chauffe pendant quelques heures à 60 degrés dans un courant d'air sec, l'aldol se modifie. Il perd de l'eau et s'épaissit tellement qu'il prend par le refroidissement l'aspect d'une masse vitreuse, solide, incolore et d'une transparence parfaite. En même temps il est devenu insoluble dans l'eau. Le temps seul paraît lui faire éprouver une modification. Un échantillon, que j'ai conservé depuis l'année dernière, est aujourd'hui rempli de cristaux qui sont sans doute l'éther que j'ai décrit.

» L'aldol possède les propriétés réductrices des aldéhydes. J'ai indiqué l'action qu'il exerce sur les sels d'argent et de cuivre. Tous les agents d'oxydation ne conviennent pas également pour le transformer dans l'acide correspondant. L'action de l'acide nitrique donne lieu à des résultats complexes que j'ai déjà décrits. Il en est de même de celle de l'acide chromique, ou d'un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique. L'oxyde d'argent, par contre, exerce une action plus tempérée. Lorsqu'on met en contact une solution d'aldol avec de l'oxyde d'argent humide (2 molécules pour 1 molécule d'aldol), le mélange ne tarde pas à s'échauffer, et il se produit un miroir. On complète l'action en portant la liqueur à l'ébullition. La solution filtrée et concentrée se prend en une masse cristalline. Sous le microscope, ces cristaux apparaissent sous forme de longues aiguilles entrelacées. Purifiés par une nouvelle cristallisation, ils sont stables et supportent sans noircir une température de 100 degrés. Ils présentent la composition d'un oxybutyrate d'argent (1). Leur solution décomposée par l'hydrogène sulfuré fournit une liqueur incolore qui laisse, après concentration, un acide sirupeux. C'est un des acides oxybutyriques connus. Il forme avec l'oxyde de zinc un sel très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, et dont la solution concentrée laisse déposer quelques cristaux indistincts. Le sel de baryum est pareillement soluble dans l'eau et dans l'alcool et

---

(1) Analyse :

			Expérience.	Théorie.
Matière	0,5291 gr	Carbone	22,61	22,75
Eau	0,1652	Hydrogène	3,47	3,31
Acide carbonique	0,4389	Argent	50,93	51,18
Argent	0,2695			

est incristallisable. L'éther le précipite sous forme de flocons épais de sa solution alcoolique. Le sel de sodium cristallise de sa solution dans l'alcool.

» L'acide oxybutyrique dérive de l'aldol par la réaction suivante :

$$\underset{\text{Aldol.}}{CH^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2\text{-}CHO} + O = \underset{\text{Acide oxybutyrique.}}{C^5H^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2\text{-}CO^2H.}$$

» D'après son mode de formation et ses propriétés, il me paraît identique avec l'acide β-oxybutyrique obtenu par MM. Wislicenus et Markownikoff. M. Markownikoff l'a préparé, comme on sait, en décomposant par un alcali la cyanhydrine du propylglycol

$$\underset{\text{Propylglycol.}}{CH^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2OH,} \qquad \underset{\text{Propylglycol cyanhydrique.}}{CH^3CH(OH)\text{-}CH^2CAz.}$$

$$\underset{\text{Propylglycol cyanhydrique.}}{CH^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2CAz} + 2H^2O = AzH^3 + \underset{\text{Acide β-oxybutyrique.}}{CH^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2\text{-}CO^2H}$$

» L'aldol est donc l'aldéhyde de l'acide β-oxybutyrique.

» Lorsqu'on fait passer un courant de gaz ammoniac dans une solution éthérée d'aldol pur, il se précipite un corps sirupeux, incolore, qui se dessèche dans le vide en une masse amorphe transparente. Celle-ci présente, au bout de quelque temps, l'apparence d'une résine presque solide, mais qui se liquéfie lorsqu'on chauffe, et qui est entièrement soluble dans l'eau. Son odeur rappelle celle de l'aldéhyde-ammoniaque. C'est une combinaison d'ammoniaque et d'aldol, analogue à l'aldéhyde-ammoniaque :

$$\underset{\text{Aldéhyde-ammoniaque.}}{CH^3\text{-}CH\left\{\begin{matrix}OH\\AzH^2\end{matrix}\right.}\,(1) \qquad \underset{\text{Aldol-ammoniaque.}}{CH^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2\text{-}CH\left\{\begin{matrix}OH\\AzH^2\end{matrix}\right.}.$$

» Lorsqu'on agite de l'aldol avec une solution concentrée de bisulfite de soude, la liqueur s'échauffe sensiblement sans laisser déposer des cristaux par le refroidissement.

» J'ai déjà décrit quelques expériences sur l'hydrogénation de l'aldol :

---

(1) J'envisage ici l'aldéhyde-ammoniaque comme un dérivé du glycol éthylidénique, dont l'hydrate de chloral est le dérivé trichloré

$$\underset{\text{Hydrate de chloral.}}{CCl^3\text{-}CH\left\{\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right.} \qquad \underset{\text{Glycol éthylidénique.}}{CH^3\text{-}CH\left\{\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right.} \qquad \underset{\text{Aldéhyde-ammoniaque.}}{CH^3\text{-}CH\left\{\begin{matrix}OH\\AzH^2\end{matrix}\right.}.$$

elles n'avaient pas conduit au résultat prévu par la théorie, savoir : la formation d'un glycol butylénique par fixation de 2 atomes d'hydrogène sur 1 molécule d'aldol. Ayant répété ces expériences un grand nombre de fois, j'ai fini par découvrir les conditions propres à les faire réussir. On traite par un amalgame de sodium à 5 pour 100 une solution étendue d'aldol (20 à 30 parties d'eau pour 1 partie d'aldol), en ayant soin de refroidir la liqueur à zéro et de neutraliser continuellement par l'acide chlorhydrique la soude caustique qui se forme. L'expérience est longue, car l'amalgame de sodium se décompose lentement dans ces conditions. Il importe de décanter la liqueur chaque soir, de peur qu'elle ne devienne alcaline pendant la nuit ; s'il en était ainsi, elle jaunirait et l'expérience serait perdue, par suite de la formation de produits résineux, ou de produits de condensation. Lorsque l'hydrogène cesse d'être absorbé, on agite la liqueur, à plusieurs reprises, par l'éther qui enlève des produits de condensation solubles dans l'eau. La solution éthérée les abandonne par l'évaporation sous forme d'un liquide épais, jaune, dont le point d'ébullition s'élève de 200 au delà de 300 degrés.

» La liqueur aqueuse débarrassée de ces produits est évaporée à l'étuve à 40 degrés. Le résidu est repris une première fois par l'alcool qui laisse du chlorure de sodium. La liqueur évaporée de nouveau à l'étuve laisse un résidu sirupeux, dont l'alcool absolu sépare une nouvelle quantité de sel marin. La solution alcoolique étant distillée, l'alcool passe d'abord et le thermomètre s'élève ensuite rapidement jusqu'à 200 degrés, et atteint 220 degrés à la fin de l'opération. En rectifiant le produit passé entre ces limites de température, il est facile d'isoler un liquide épais, soluble dans l'eau, sucré, avec un arrière-goût légèrement aromatique dû sans doute à une impureté. La partie de ce liquide qui bout de 201 à 203 degrés présente la composition d'un glycol butylénique (1), identique avec celui que M. Kekulé a obtenu comme produit secondaire dans l'hydrogénation de l'aldéhyde. Sa formation s'explique à l'aide de l'équation suivante :

$$\underset{\text{Aldol.}}{CH^3-CH(OH)-CH^2-CHO} + H^2 = \underset{\text{Glycol butylénique.}}{CH^3-CH(OH)-CH^2-CH^2(OH)}.$$

---

(1) Analyse :

			Expérience.	Théorie.
Matière.........	0gr,2434	Carbone.........	53,50	53,33
Eau............	0,2429	Hydrogène.......	11,08	11,11
Acide carbonique..	0,4775		»	»

» Elle ne laisse aucun doute sur la constitution de ce corps qui est isomérique avec le butylglycol que j'ai obtenu autrefois en partant du bromure de butylène et dont la constitution est exprimée par la formule

$$\begin{array}{l} CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3.}{\underset{|}{C}}(OH) - CH^2\,OH \end{array}$$

» Lorsqu'on fait arriver un courant de gaz chlorhydrique, à refus, dans une solution aqueuse concentrée d'aldol, refroidie à — 10 degrés, la liqueur se colore en jaune et laisse déposer une couche d'un liquide épais, insoluble dans l'eau, généralement un peu coloré et qui renferme sans doute le chlorure $CH^3 - CHCl - CH^2 - CHO$.

» Mais les analyses que j'ai faites avec ce produit ont donné un excès de carbone, circonstance qui indique la formation simultanée de produits de condensation. Le liquide chloré dont il s'agit ne peut pas être purifié par distillation. Il se décompose en dégageant de l'acide chlorhydrique. Il passe un liquide à point d'ébullition variable et dont on a pu séparer de l'aldéhyde crotonique.

» Lorsqu'on met en contact le composé chloré dont il s'agit avec l'eau et l'oxyde d'argent (2 molécules) et qu'on chauffe, il se forme du chlorure d'argent et de l'argent métallique. En faisant bouillir pendant quelque temps, on recueille dans le récipient une petite quantité d'un liquide chloré, et incolore plus dense que l'eau. Le contenu du ballon filtré donne, après concentration, du crotonate d'argent (1). Cette réaction s'explique facilement en admettant que le composé $CH^3 - CHCl - CH^2 - CH\overset{\circ}{O}$ (aldol chlorhydrique), qui paraît exister à l'état de mélange dans le produit brut de l'action de l'acide chlorhydrique sur l'aldol, perd de l'acide chlorhydrique sous l'influence de l'oxyde d'argent, en donnant de l'aldéhyde crotonique, laquelle s'oxyde par l'action d'un excès d'oxyde d'argent.

$$\underset{\text{Aldol chlorhydrique (?).}}{CH^3 - CHCl - CH^2 - CHO} - HCl = \underset{\text{Aldéhyde crotonique.}}{CH^3 - CH = CH - CHO}$$

» Les expériences qui viennent d'être décrites sont de nature à confirmer l'hypothèse que j'ai énoncée sur le mode de formation, la constitution et les fonctions chimiques de l'aldol.

---

(1) Analyse :

			Expérience.	Théorie.
Matière	0gr,2565	Argent	55,48	55,95
Argent	0,1423			

» Ce corps renferme bien un oxhydryle alcoolique, qui se forme, comme je l'ai indiqué, par l'union de 1 atome d'oxygène d'une des molécules d'aldéhyde avec 1 atome d'hydrogène du groupe méthylique de l'autre molécule.

$$\underset{\text{2 molécules d'aldéhyde.}}{CH^3\text{-}CHO + CH^3\text{-}CHO} = \underset{\text{Aldol.}}{CH^3\text{-}CH(OH)\text{-}CH^2\text{-}CHO.}$$

» Par suite de cette formation d'oxhydryle, les 2 molécules d'aldéhyde devenues incomplètes l'une et l'autre, se soudent en une seule. J'appelle l'attention sur ce procédé de synthèse : c'est une sorte de combustion incomplète que l'oxygène d'une molécule exerce sur l'hydrogène de l'autre : il en résulte un commencement de déshydratation, qui s'arrête à la formation du groupe oxhydryle (OH), lequel demeure uni à 1 atome de carbone.

» Cet oxhydryle que renferme la molécule d'aldol le constitue à l'état d'alcool secondaire. Il peut être remplacé par du chlore ou par de l'oxacétyle. On le retrouve dans les produits de transformation les plus simples de l'aldol, dans l'acide oxybutyrique, qui est alcool-acide, dans le glycol butylénique, qui est deux fois alcool. C'est cet oxhydryle qui est attaqué d'abord par le perchlorure de phosphore, avec un dégagement abondant d'acide chlorhydrique et formation d'oxychlorure de phosphore sans protochlorure.

» Ai-je besoin d'ajouter, d'un autre côté, que la fonction aldéhyde que j'ai attribuée à l'aldol est mise hors de doute par ses propriétés réductrices, par l'action de l'ammoniaque, par sa transformation en acide β-oxybutyrique d'une part, en glycol butylénique de l'autre.

» L'opinion que j'ai émise sur les fonctions chimiques de l'aldol a été vivement attaquée par un éminent chimiste allemand, M. Kolbe (1), qui m'a reproché, en particulier, d'avoir qualifié ce corps d'aldéhyde-alcool. Je pense que les développements qui précèdent justifient suffisamment ma manière de voir. La critique de M. Kolbe est donc insoutenable au fond. Quant à la forme et au ton, je m'abstiens de les qualifier, ce chimiste ayant jugé à propos d'employer, en cette occasion et en d'autres, des procédés de discussion inusités parmi les savants, du moins parmi les savants bien élevés.

» Pour mon compte, je ne fais pas usage de pareils procédés, même contre des adversaires qui seraient décidés à ne pas m'imiter. »

---

(1) *Journal für praktische Chemie*, t. V, p. 565.

HYDROLOGIE. — *La Seine; études hydrologiques;* par M. **Belgrand.**

« Je prie l'Académie de vouloir bien accepter un exemplaire d'un livre qui vient de paraître sous ce titre : *La Seine; études hydrologiques* (1), et dont je lui dois la conservation. Le manuscrit lui a été présenté par M. Dumas, le 10 décembre 1870; il a été déposé ensuite à la Bibliothèque de l'Institut, et c'est ainsi qu'il a été sauvé de l'incendie de mon cabinet, à l'Hôtel de Ville.

» Ce livre est divisé en deux parties : la première est consacrée à l'étude des eaux courantes, la seconde à l'Agriculture. Elles sont précédées d'une Introduction, dans laquelle je fais connaître l'origine du régime actuel de la Seine et de ses affluents. Je résumerai en peu de mots ces trois divisions de mon Ouvrage.

» *Introduction.* — A l'époque où la France était hantée par l'ours des cavernes, le mammouth, le renne, le bassin de la Seine avait à peu près le même relief qu'aujourd'hui; mais il était sillonné par d'immenses cours d'eau. J'ai publié, sur cette époque de l'existence de notre fleuve, un Ouvrage, dont un exemplaire a été déposé à la Bibliothèque de l'Institut. Lorsque ces cours d'eau ont décru et sont devenus nos ruisseaux modernes, ils ont travaillé incessamment à réduire leurs lits qui se trouvaient démesurément trop larges. Ceux dont les bassins sont imperméables, dans lesquels les eaux pluviales affluent en ruisselant à la surface du sol, ont conservé une certaine violence et ont comblé l'excès de largeur de leurs lits avec du gravier et du limon. Ceux, au contraire, dont les bassins sont perméables et dans lesquels les eaux pluviales n'affluent qu'en passant par les sources, ne déplacent ni gravier, ni limon, et ont rétréci leurs lits avec de la tourbe. « Le » terrain de transport du fond des vallées, disent Cuvier et Brongniart, est » ou de sable, ou de gravier proprement dit, ou de tourbe. » C'est donc à l'époque des tourbes, c'est-à-dire à l'époque où disparaissent les étranges animaux de l'époque quaternaire, que commence le régime moderne de la Seine et de ses affluents.

» 1re *Partie.* — Je donne d'abord l'étendue des terrains qui constituent le bassin de la Seine, dont la surface totale est de 78670 kilomètres carrés. J'indique les dispositions les plus remarquables de leur relief. J'étudie ensuite le régime de la pluie. Il pleut beaucoup au bord de la mer; lorsqu'on s'en

(1) Dunod, éditeur, quai des Augustins, n° 49.

éloigne, la hauteur de pluie diminue et l'on constate l'existence d'un minimum très-remarquable, qui correspond à la vaste plaine comprise entre la vallée de l'Oise et le pied de la chaîne de la Côte-d'Or.

» La hauteur annuelle de pluie croît avec l'altitude, à mesure qu'on s'élève sur les pentes de cette chaîne et du Morvan. Son maximum correspond aux points les plus élevés de cette dernière contrée. Ce maximum est environ trois fois plus grand que le minimum de la plaine et s'élève en moyenne à $1^{m},800$.

» Les mêmes groupes de jours de pluie se retrouvent d'une extrémité à l'autre du bassin : lorsque la sécheresse s'établit, elle règne partout à la fois; lorsque le temps est pluvieux, il l'est depuis le Morvan jusqu'à la mer. C'est ce qu'on voit très-nettement en jetant les yeux sur les feuilles de l'atlas qui représentent les hauteurs de pluie.

» Cette loi très-générale, dont j'ai démontré l'existence pour toute la partie de la France située au nord du plateau central, a pour conséquence un fait capital : c'est que tous les cours d'eau des bassins de la Seine, de la Loire, de la Saône, de la Meuse, etc., entrent habituellement en crue en même temps.

» Le régime d'un cours d'eau qui ne reçoit que des eaux de sources est très-différent de celui qui ne reçoit que des eaux ruisselant à la surface du sol. La classification des terrains, au point de vue de leur perméabilité, est donc très-importante. Cette classification a été faite par l'étude du débouché mouillé des ponts, la disposition et le nombre des cours d'eau, la forme de leurs crues, l'étendue et la répartition des prairies. Le nom de *torrent* a été donné aux cours d'eau des terrains imperméables, le nom de *cours d'eau tranquilles* à ceux des terrains perméables.

» L'étude des eaux courantes commence naturellement par celle des nappes d'eau souterraines et des sources propres à chaque terrain. Je donne la proportion de carbonate de chaux qui peut exister, sans obstruer les conduites, dans l'eau de la distribution d'une ville (1), et enfin je termine cette importante étude par l'indication des sources choisies pour l'alimentation de Paris.

» L'étude des cours d'eau vient après celle des sources. Très-nombreux dans les terrains imperméables, les cours d'eau sont rares dans les terrains perméables. Leurs crues courtes, violentes et très-élevées dans les premiers terrains, sont longues et peu élevées dans les derniers.

---

(1) Voir les *Comptes rendus* des séances du 10 mars et du 21 avril dernier.

» Le nombre moyen annuel des jours d'eau claire, louche et trouble des cours d'eau propres à chaque terrain est déduit de douze années d'observations. Les eaux les plus constamment claires sont celles des sables de Fontainebleau et des calcaires de Beauce : elles ne sont troubles ou louches que 42 jours, en moyenne, par an; les plus constamment troubles sont celles du terrain crétacé inférieur : elles sont troubles ou louches pendant 176 jours par an, en moyenne. La Seine, à Paris, est trouble ou louche pendant 140 jours; la Marne, entre Meaux et Paris, pendant 180 jours.

» La vérification de la loi de M. Dausse, sur les crues d'hiver et les crues d'été, a été faite par cent quarante années d'observations, pour la Seine et pour les affluents, par les courbes de l'atlas, qui comprennent seize années : il résulte de cette vérification, que les crues du fleuve et de ses affluents ont lieu, presque toutes, dans les six mois froids et qu'elles sont fort rares dans les six mois chauds. Je discute la crue de septembre 1866, la plus grande des crues d'été connues.

» Je formule les lois d'écoulement des crues des cours d'eau et la règle pratique qu'on peut en tirer pour annoncer les crues en divers points du bassin, et notamment à Paris. (Voir les *Comptes rendus*.)

» J'étudie ensuite les grands débordements et les basses eaux de la Seine à Paris : les renseignements précis sur les débordements ne remontent pas plus haut que 1649. Ces phénomènes désastreux sont très-rares, ce qui tient au grand développement des terrains perméables dans le bassin du fleuve.

» Les basses eaux de ces dernières années sont extrêmement remarquables : il n'y en a pas qui leur soient comparables dans les XVIIe et XVIIIe siècles, ni dans la première moitié du XIXe.

» Je traite ensuite différentes questions très-importantes : l'action des forêts sur le régime des eaux courantes, l'aménagement de ces eaux au profit de la navigation, de l'agriculture et de l'industrie. Les rivières, qualifiées du nom de *bons cours d'eau* par les usiniers, se trouvent toutes au fond des vallées dont le sol est perméable. Enfin je discute le mérite des différentes eaux au point de vue des usages domestiques.

» La *dernière partie* du livre est consacrée à l'Agriculture. J'y attache une grande importance, et je me propose d'en fournir, dans une prochaine séance, un résumé moins sommaire à l'Académie. »

M. Hirn, Correspondant de l'Académie pour la Section de Physique,

adresse un Mémoire manuscrit sur les propriétés optiques de la flamme des corps en combustion et sur la température du Soleil.

Ce Mémoire, beaucoup trop étendu pour pouvoir trouver place aux *Comptes rendus*, sera transmis à la Commission administrative, qui avisera aux moyens de le faire publier, s'il est possible.

M. E. Cosson fait hommage à l'Académie d'une brochure portant pour titre : « *Biscutellæ dispositæ et explanatæ* ».

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre qui remplira, dans la Section de Physique, la place laissée vacante par le décès de M. *Babinet*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 55,

M. P. Desains obtient.	32	suffrages.
M. Cornu.	13	»
M. Le Roux	7	»
M. Bourget, M. Gaugain, M. Lucas, chacun. . .	1	»

M. P. Desains, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

RAPPORTS.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Rapport sur un Mémoire de MM.* Troost *et* Hautefeuille *sur les transformations isomériques et allotropiques.*

(Commissaires : MM. Dumas, Cahours, H. Sainte-Claire Deville rapporteur.)

« Dans les sciences physiques, où l'objet de nos études est en dehors de nous, où la matière, immodifiable dans son essence, s'impose à nous tout autrement que les axiomes de la Géométrie, toute théorie, pour être utile, ou plutôt pour n'être pas dangereuse, doit consister en un système d'analogies aussi générales, aussi complètes que possible, établies entre des faits bien observés. Ramener les phénomènes compliqués à ceux que l'on croit simples, ou mieux dont les lois principales nous sont connues, en formu-

lant les ressemblances et interprétant les différences entre ces phénomènes d'ordre différent, voilà le vrai problème des sciences naturelles, dont la solution constitue une théorie féconde. Comme les analogies et les différences n'ont jamais rien d'absolu, il s'ensuit que des théories de ce genre ne s'imposeront pas dans l'enseignement comme des vérités indiscutables; Les analogies permettent de prévoir des faits nouveaux; la possibilité des différences, toujours admise en principe, empêche de rejeter, par prévention, les faits nouveaux, qui sont, en réalité ou en apparence, incompatibles avec les doctrines adoptées.

» C'est là le caractère essentiel de cette grande et belle théorie des ondulations, telle que l'a développée Fresnel avec la clarté et la précision de son esprit. C'est le sentiment profond des analogies et des différences qui existent entre les milieux où se propagent les vibrations sonores et les vibrations lumineuses qui a guidé l'un de nos confrères dans ses études sur l'entraînement de l'éther, et qui guide aujourd'hui les jeunes physiciens français qui appartiennent à son école.

» Les théories de Lavoisier et de Davy présentent également ce caractère. Lavoisier compare tous les sels au sulfate de potasse, en classant le sel marin auprès des oxydes; Davy compare tous les sels au sel marin, en faisant du sulfate de potasse une sorte de composé binaire. C'est de là que dérivent les deux théories des sels ammoniacaux et de l'ammoniaque. Ces deux théories sont toutes les deux suffisantes : tous les faits bien observés se classent de suite dans l'une ou dans l'autre. Aucune des deux n'est nécessaire, et c'est inévitable; car rien ne nous empêche de prendre indifféremment pour point de comparaison entre les matières salines soit le sulfate de potasse, soit le sel marin. Les théories partielles plus ou moins récentes et diversement nommées, qui toutes procèdent des théories de Lavoisier et de Davy, présentent, quand elles sont sagement conçues, ce même caractère de ne se jamais poser comme d'immuables vérités.

» On en tire une conclusion pratique de quelque intérêt : c'est que tous les faits qui seront en contradiction avec l'un ou l'autre de ces deux systèmes d'analogie seront ou mal observés ou mal interprétés, à moins qu'ils ne possèdent un tel caractère de grandeur et de nouveauté que rien de ce qui a été fait dans les sciences depuis bien longtemps ne puisse leur être comparé. Dans ce cas, on aura trouvé la formule générale qui relie les deux systèmes, et ceux qui l'admettront les derniers seront les savants qui, par suite d'opinions exclusives, considèrent comme indiscutable l'une de ces deux théories en rejetant absolument l'autre.

» Une tentative a été faite dans ces dernières années pour établir un système d'analogies entre les phénomènes étudiés par les chimistes et qui accompagnent la combinaison et les phénomènes étudiés par les physiciens et qui accompagnent la fusion et la volatilisation des corps, le changement d'état étant alors caractérisé d'une manière générale par la manifestation d'une propriété nouvelle quelconque dans la matière expérimentée.

» Cette théorie des changements d'état n'est autre chose en réalité que l'établissement d'un système d'analogies entre tous les phénomènes qui s'accompagnent d'une absorption de chaleur latente ou de dégagement de chaleur sensible.

» MM. Troost et Hautefeuille apportent aujourd'hui un ensemble de faits nouveaux, qui établissent une liaison intime entre les phénomènes physiques de la vaporisation et les phénomènes chimiques de changement d'état allotropique ou isomérique.

» Avant de résumer le remarquable travail de ces deux savants, il est nécessaire d'exposer en quelques mots l'état de la science sur ce point.

» L'un de nous a établi depuis longtemps (1) quelques analogies frappantes entre les phénomènes de condensation des vapeurs et de combinaison, entre les phénomènes de vaporisation et de décomposition. Il a montré que le même système de détermination pouvait être appliqué à ces deux ordres de faits, et que les mêmes instruments pouvaient servir à les mesurer, soit dans le cabinet du physicien pour les tensions de vapeur, soit dans le laboratoire du chimiste pour les tensions de dissociation ou décomposition partielle et continue.

» Depuis, les mémorables expériences de M. Debray (2) sur la décomposition du carbonate de chaux ont permis d'assimiler ce corps, chauffé dans une enceinte limitée et à température fixe, à une substance volatile qui émettrait une certaine quantité de vapeur, sa tension étant constante quand la température ne varie pas et, en tout cas, indépendante de la pression extérieure. Le carbonate de chaux obéit donc dans sa décomposition aux

---

(1) *Leçons sur la dissociation, professées devant la Société chimique*; Paris, Hachette, 1864. — *Mémoire sur la dissociation des corps par la chaleur* (*Comptes rendus*, t. XLV, p. 857; 1857). — *Dissociation de l'eau* (*Ibid.*, t. LVI, p. 195, 322, 729). — *Sur la dissociation de l'oxyde de carbone* (*Ibid.*, t. LIX, p. 873). — *Dissociation de l'oxyde de carbone, des acides sulfureux*, etc. (*Ibid.*, t. LX, p. 317). — *Sur la dissociation, Ibid.*, t. LXIV, p. 66).

(2) *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 603; LXVI, p. 194.

lois de la vaporisation de l'eau. L'acide carbonique exhalé subit également l'influence de la paroi froide de Watt, suivant les lois fixées par le grand physicien anglais. Seulement, ici, la condensation s'effectue sur la chaux devenue libre par le dégagement d'acide carbonique, et c'est la température de cette chaux qui détermine la tension de l'acide carbonique dans l'enceinte, quelquefois la température de celle-ci. Les analogies ne peuvent être plus prochaines.

» M. Isambert (1) a étudié le phénomène de la dissociation dans les combinaisons si variées et en apparence si complexes que l'ammoniaque forme avec les chlorures métalliques. Ici, non-seulement le jeune et savant professeur de Poitiers démontre l'analogie entre les phénomènes de dissociation et de vaporisation, mais encore il en établit le parallélisme complet; car les tensions de l'ammoniaque qu'exhalent ces chlorures à des températures variables sont représentées sur des courbes de même forme que les courbes des tensions de la vapeur d'eau et de l'alcool.

» Depuis 1868, MM. Troost et Hautefeuille ont, dans une série de Communications à l'Académie (2), étudié la loi des phénomènes de changement d'état, quand ce changement d'état correspond à un changement de propriétés physiques ou chimiques (3), sans changement de composition et, bien entendu, avec absorption ou dégagement de chaleur latente; ils ont assimilé ces phénomènes aux phénomènes de dissociation, et leur ont appliqué les mêmes procédés de mesure; mais alors on observe une tension de transformation, suivant l'expression fort bien choisie par les auteurs.

» Dans un premier Mémoire, MM. Troost et Hautefeuille, en étudiant la décomposition du cyanure de mercure et du cyanure d'argent, ont constaté que la proportion de paracyanogène du résidu croît avec la pression qu'exerce sur lui-même le produit gazeux de l'opération, le cyanogène, et la transformation est limitée par la tension du gaz, tension qui est invariable quand la température est constante et qui croît avec elle. Ce fait les a conduits à un résultat très-remarquable, la découverte de la transfor-

---

(1) *Annales scientifiques de l'École Normale*, 1re série, t. V, p. 129.

(2) *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 735 et 795; t. LXVII, p. 1345; t. LXXVI, p. 76 et 219.

(3) Il n'y aucune différence essentielle, d'après ces idées, entre les phénomènes physiques et les phénomènes chimiques, ou plutôt le passage des uns aux autres se fait par des variations continues.

mation inverse du paracyanogène en cyanogène gazeux, transformation réalisable déjà à 360 degrés, qui, lente encore même vers 500 degrés, peut devenir complète.

» Dans un deuxième Mémoire, les auteurs constatent que la cyamélide et l'acide cyanurique se comportent, sous l'influence de la chaleur, comme le paracyanogène. Réciproquement, l'acide cyanique en vapeur se transforme en acide cyanurique, et les tensions qui limitent ce nouveau phénomène sont numériquement égales à celles que l'on obtient dans la transformation inverse. Il était difficile de compléter par des mesures plus exactes l'admirable travail de MM. Wöhler et Liebig sur ces questions capitales.

» Dans un troisième Mémoire, celui qui est plus particulièrement soumis au jugement de la Commission, MM. Troost et Hautefeuille étudient les phénomènes de tension et subsidiairement les phénomènes calorifiques qui accompagnent la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge, ou plutôt en phosphore de constitution et de couleurs variables, quand on fait varier la température à laquelle on expérimente. Mais il faut dès maintenant établir avec les auteurs une distinction tranchée entre la tension de la vapeur dans une enceinte limitée (tension maximum) et la tension de transformation du même corps, lorsqu'on l'étudie à une température où il prend l'état gazeux et se modifie en même temps. Cette distinction établie, il est possible d'analyser complétement la transformation allotropique du phosphore en séparant des phénomènes qu'on avait jusqu'alors confondus et considérés, malgré leurs différences essentielles, comme soumis à une même loi.

» Après les travaux de M. Schroetter, la question des modifications allotropiques du phosphore avait été étudiée par M. Hittorf. Ce savant chimiste a publié en 1865 (1) un Mémoire plein de faits nouveaux et intéressants, dont il conclut que chacun des deux états du phosphore alors connu possède une tension de vapeur distincte. Il admettait que la force élastique de la vapeur de phosphore ordinaire, après avoir diminué pendant la formation du phosphore rouge, atteignait une limite qui restait toujours supérieure à celle que l'on obtient en partant du phosphore rouge. Les expériences de MM. Troost et Hautefeuille les conduisent à des résultats absolument différents, et cette contradiction s'explique par le fait que les expériences du savant professeur de Münster, très-exactes d'ailleurs, n'avaient pas été suffisamment prolongées. En effet, M. Lemoine, en 1871,

(1) Hittorf, *Annalen der Physik und Chemie*, t. CXXVI, p. 193.

dans un Mémoire remarquable (1), a constaté que, après un temps très-long, les deux états allotropiques du phosphore donnent toujours à 440 degrés la même tension.

» Dans le Mémoire soumis à l'examen de votre Commission, MM. Troost et Hautefeuille établissent d'abord que la transformation du phosphore ordinaire et liquide en phosphore rouge est de tout point comparable à la transformation de l'acide cyanique *liquide* en cyamélide.

» Quand il s'agit du phosphore *en vapeur*, on constate que cette vapeur acquiert tout d'abord la tension maximum correspondant à la température à laquelle on opère. Cette tension diminue ensuite graduellement pendant la formation du phosphore rouge et atteint une valeur constante qui est la la tension de transformation relative à cette même température.

» Ils démontrent en outre qu'on ne peut formuler aucune hypothèse qui permette de rendre compte de la vitesse avec laquelle ces transformations du phosphore s'effectuent, lorsqu'il existe en même temps dans l'enceinte à l'état liquide et en vapeur.

» La détermination des tensions maximum de la vapeur au-dessus de la pression atmosphérique n'avait jamais été tentée à cause des difficultés et des dangers d'une pareille opération. Le phosphore bout sous la pression ordinaire à 290 degrés. A 360 degrés et à 440 degrés les tensions de vapeur deviennent $3^{atm},2$ et $7^{atm},5$. Les auteurs ont mesuré simultanément la température d'ébullition et la tension correspondant à ce phénomène au moment qu'il se produit. Ce procédé, qui eût été d'une application difficile et par trop dangereuse pour des températures plus élevées, a été remplacé par une méthode entièrement nouvelle qui permet de mesurer la tension maximum d'un corps susceptible en même temps de se vaporiser et de se transformer. MM. Troost et Hautefeuille ont disposé l'expérience de manière que le produit de la transformation du liquide en excès dans l'appareil reste séparé du produit résultant de la transformation de la vapeur. Ils ont pu déterminer ainsi ces tensions jusqu'à 511 degrés. Au-dessus de cette température, la transformation du liquide est trop rapide pour que la tension maximum ait le temps de s'établir; mais, en modifiant légèrement le principe de leurs appareils, ils ont pu fixer la tension de transformation jusqu'à la température de 577 degrés. Ils ont obtenu les résultats consignés dans le tableau ci-après.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXIV, p. 129, et t. XXVII, p. 289.

Température.	Tension maxima.	Tension de transformation.
	atm.	atm.
360	3,2	0,12
440	7,5	1,75
487	»	6,80
494	18,0	»
503	21,9	»
510	»	10, 8
511	26,2	»
531	»	16, 0
550	»	31, 0
577	»	56, 0

» C'est par ces expériences et par d'autres expériences de contrôle fort ingénieuses que MM. Troost et Hautefeuille ont établi pour les corps susceptibles de se vaporiser et de se transformer en même temps l'existence de deux tensions distinctes qui se présentent successivement et correspondent chacune à l'un de ces deux phénomènes.

» En maintenant le phosphore à une température très-voisine du ramollissement d'un verre peu fusible, MM. Troost et Hautefeuille obtiennent le phosphore rouge à l'état cristallisé. Il se présente en masse compacte d'un noir violacé, en apparence fondue, à cassure conchoïde et translucide sur les bords. C'est dans les cavités de cette matière que les cristaux se rencontrent, de manière à rappeler les géodes de quartz hyalin développées dans les agates. Il semble même qu'il pourrait y avoir continuité dans le phénomène de la transformation allotropique du phosphore, comme dans le développement de la tension de transformation, de sorte que la densité et la chaleur de combustion (1) pourraient varier d'une manière continue dans les échantillons formés successivement à des températures graduellement croissantes. C'est là le sujet important qui occupe en ce moment MM. Troost et Hautefeuille, et que l'Académie les encourage à continuer avec la persévérance dont ils ont donné des preuves si nombreuses dans le cours de leur travail. Malheureusement la préparation de ces matières est non-seulement très-difficile, mais encore très-dangereuse. Chaque opération, quand elle n'est pas arrêtée par une explosion, ne donne que de

(1) Il n'est pas nécessaire de rappeler ici les beaux travaux de M. Favre sur les relations qui existent entre les modifications allotropiques du phosphore et du soufre, et les chaleurs de combustion de ces corps dans les divers états. Ils ont servi et serviront de modèle à MM. Troost et Hautefeuille dans leurs recherches sur la matière qu'ils étudient en ce moment.

très-petites quantités de matière insuffisantes pour la détermination exacte de la densité et se prêtant difficilement aux réactions qu'on utilise dans le calorimètre pour mesurer la chaleur de combustion.

» L'avis de votre Commission est que l'Académie ne saurait trop approuver des recherches d'une telle importance et d'une telle difficulté d'exécution. Elles exigent en effet l'emploi de toutes les ressources que la Physique et la Chimie, qui tendent d'ailleurs à se confondre, mettent dans les mains des savants. Elles se rattachent aux questions les plus élevées qui se débattent aujourd'hui dans la Science. En outre leur solution exige la détermination de données expérimentales précises exprimées en unités d'espèce convenablement choisie pour en calculer utilement les conséquences.

» La méthode de MM. Troost et Hautefeuille exclut l'introduction de ces hypothèses vagues et de ces abstractions dangereuses avec lesquelles on séduit facilement sans satisfaire la critique sérieuse. C'est la méthode que nous exposions au commencement de ce Rapport, et qui procède, par comparaisons sévères, en déterminant en nombres exacts les analogies et les différences que présentent entre eux les faits minutieusement observés.

» En conséquence, votre Commission vous propose de voter l'insertion dans le *Recueil des Savants étrangers* du Mémoire de MM. Troost et Hautefeuille *Sur les transformations isomériques et allotropiques.* »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MINÉRALOGIE. — *Rapport sur un Mémoire de M.* Fouqué, *intitulé:* « *Nouveaux procédés d'analyse médiate des roches, et leur application aux laves de la dernière éruption de Santorin* ».

(Commissaires : MM. Ch. Sainte-Claire Deville, Daubrée, Hervé Mangon, Des Cloizeaux rapporteur.)

« Depuis les travaux classiques de Cordier, sur l'analyse mécanique des roches, un grand nombre de recherches ont été entreprises pour étudier leur composition chimique et celle de leurs éléments minéralogiques. La séparation exacte de ces éléments constitue toujours une opération délicate et d'autant plus difficile que la roche possède une structure plus homogène et un grain plus fin; car les moyens employés jusqu'ici pour arriver à cette séparation consistent, comme on le sait, dans un triage à la loupe, dans l'emploi d'un barreau aimanté plus ou moins puissant et dans celui de

divers acides ou alcalis destinés à agir sur certains éléments, tandis qu'ils doivent laisser les autres tout à fait intacts.

» Les laves récentes de Santorin, dont il est question dans le Mémoire présenté à l'Académie par M. Fouqué, peuvent être rangées parmi les agrégats qui offrent d'assez grandes difficultés pour leur analyse médiate; en effet, elles se composent d'une pâte vitreuse dans laquelle sont enchâssés des cristaux qui sont ou d'une très-grande ténuité, ou tout à fait microscopiques. Aussi, quoique certaines variétés drusiques d'Aphroessa aient fourni des cristaux mensurables d'anorthite et de sphène décrits par M. Hessenberg, on ne possédait jusqu'à ce jour, malgré les analyses de M. de Hauer, que des données peu précises sur leurs autres minéraux intégrants.

» Pour surmonter les difficultés particulières provenant de la structure des laves de Santorin, M. Fouqué a adopté deux procédés, l'un mécanique, l'autre chimique, qui paraissent fournir à l'analyse *médiate* des matériaux purs et bien isolés les uns des autres. Cette condition était indispensable à remplir, car les travaux lithologiques d'un de vos Commissaires ont montré à combien d'erreurs ou d'illusions peuvent conduire des analyses faites sur des cristaux incomplétement purifiés de la roche qui les empâte, surtout lorsqu'il s'agit des espèces feldspathiques.

» Après avoir réduit 1 ou 2 kilogrammes de la roche en poudre d'une grosseur déterminée ($\frac{1}{4}$ de millimètre environ de diamètre), on partage cette poudre en deux portions : l'une destinée à subir le traitement mécanique, l'autre réservée pour le traitement chimique.

» Dans le traitement mécanique, M. Fouqué substitue au barreau aimanté ordinaire un puissant électro-aimant, mis en action par plusieurs forts couples de Bunsen (6 à 8). Sous son influence, toutes les parties ferrugineuses de la roche, cristallines ou vitreuses, sont rapidement enlevées, et il ne reste qu'une poudre blanche, très-pure, composée uniquement des éléments feldspathiques. Ces éléments peuvent appartenir à une ou à plusieurs espèces de feldspaths. Si les dimensions de leurs cristaux sont très-différentes, un triage à la loupe permet de les séparer; si ces cristaux sont inégalement attaqués par l'acide chlorhydrique bouillant, leur séparation est encore plus facile.

» Le traitement chimique auquel est soumise la seconde portion de la poudre doit son efficacité à l'emploi de l'acide fluorhydrique concentré. Divers observateurs, et en particulier M. Lechartier (1), qui cherchait à pu-

(1) Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris en juillet 1864.

rifier certains cristaux d'amphibole ou de staurotide destinés à l'analyse ont eu recours en effet à l'acide fluorhydrique plus ou moins étendu; mais, en choisissant cet acide concentré, et en ne le laissant pas agir trop longtemps, M. Fouqué arrive à dissoudre les parties vitreuses et feldspathiques de la roche et à obtenir un résidu composé de fer oxydulé et de cristaux de pyroxène, de péridot et de sphène, à arêtes vives. Un barreau faiblement aimanté enlève facilement le fer oxydulé; quant au pyroxène et au péridot, leur différence de couleur est telle, qu'un triage à la loupe suffit pour les séparer. D'ailleurs l'acide sulfurique faible ou l'acide nitrique d'une concentration convenable pourrait servir à dissoudre le péridot en respectant le pyroxène (1).

» En combinant ces deux procédés mécanique et chimique, M. Fouqué est parvenu à séparer les minéraux cristallins des laves récentes de Santorin, et il a obtenu ces minéraux à un état de pureté tel, que leur analyse chimique l'a conduit à des résultats plus nets que ne le sont, en général, ceux auxquels on parvient avec des cristaux provenant d'un triage mécanique ordinaire.

» Ces résultats, rapportés en détail dans le Mémoire de M. Fouqué, montrent que les différentes laves récentes de Santorin renferment trois espèces de feldspaths, anorthite, labradorite et albite, deux variétés de péridot, dont l'une beaucoup plus riche que l'autre en oxyde ferreux, des cristaux de sphène et plusieurs variétés de pyroxène différant par leur teneur en chaux et en magnésie. Deux de ces pyroxènes sont surtout remarquables, l'un par la forte proportion d'oxyde ferreux qu'il renferme, l'autre par sa pauvreté en silice et en magnésie et par sa richesse en alumine (14,6 pour 100), que l'acide fluorhydrique n'a pu lui enlever et qui, par conséquent, paraît être un de ses éléments constituants. Ses cristaux, qui affectent la forme habituelle de la *fassaïte*, sont d'un vert foncé, mais assez transparents pour montrer sous le microscope une structure homogène et dépourvue d'inclusions étrangères.

» Quant à la pâte même de la lave, elle offre sensiblement la composition de l'albite.

» Les minéraux que nous venons d'énumérer ne sont pas disséminés

---

(1) Ces recherches, comme celles que M. Fouqué a précédemment présentées sur es produits volcaniques de l'Italie septentrionale et méridionale, de l'Etna, de Santorin et des Açores, ont été exécutées dans le laboratoire des Hautes Études du Collége de France, dont M. Fouqué est sous-Directeur.

indifféremment dans toutes les variétés de laves de Santorin. Ainsi, dans la lave commune, qui a l'aspect d'une obsidienne noirâtre, se trouvent de l'albite, du labradorite et un peu d'anorthite, avec le pyroxène riche en oxyde ferreux. Une lave grise et des amas drusiques, enfermés dans la lave obsidiennique, contiennent de l'anorthite, du sphène, du fer oxydulé, les deux variétés de péridot, des pyroxènes très-riches en chaux et inégalement riches en magnésie, et le pyroxène aluminifère à forme de fassaïte.

» De nombreuses photographies, obtenues sur des plaques polies, permettent de reconnaître ces différentes structures.

» On peut espérer que les perfectionnements apportés par M. Fouqué aux moyens usités jusqu'à ce jour pour l'analyse médiate des roches seront applicables à la plupart des roches silicatées et pourront amener des progrès dans les études lithologiques. Par leur introduction dans la science, l'auteur prouve une fois de plus qu'il est digne des encouragements que l'Académie lui a adressés à plusieurs reprises.

» En outre, la première application que M. Fouqué a faite de ses procédés l'a amené à constater un fait entièrement nouveau et très-important en lithologie : ce fait est la présence, dans une même roche volcanique, de trois espèces feldspathiques aussi différentes de composition que l'albite, le labradorite et l'anorthite.

» En conséquence nous proposons à l'Académie de vouloir bien ordonner l'insertion du Mémoire de M. Fouqué dans le *Recueil des Savants étrangers.* »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Les eaux publiques de Versailles pendant le premier trimestre de* 1873; Note de M. E. DECAISNE.

(Commissaires précédemment nommés : MM. Dumas, Peligot, Belgrand.)

« L'Académie ayant nommé une Commission chargée d'examiner le Mémoire que j'ai eu l'honneur de lui présenter dans la séance du 28 avril dernier, je crois devoir préciser, en quelques mots, les termes dans lesquels j'ai entendu engager un débat qui intéresse l'hygiène publique. Il me semble que la question peut se résumer ainsi :

» La Seine est-elle infectée, dans une partie plus ou moins étendue de son parcours, par les grands égouts collecteurs de Paris?

» Si l'infection des eaux d'alimentation de la ville de Versailles par les égouts collecteurs est réelle, est-il téméraire de prétendre que, pendant les trois premiers mois de 1873, elle a pu porter atteinte à la santé des habitants qui buvaient alors de l'eau de Seine des réservoirs?

» L'infection de la Seine par les eaux d'égouts, et l'insuffisance des cultures de Gennevilliers pour la conjurer, doivent-elles faire craindre un danger pour l'avenir?

» L'insalubrité exceptionnelle des eaux d'étangs a-t-elle eu une influence marquée sur l'épidémie de diarrhée qui a régné à Versailles, pendant les trois premiers mois de 1873?

» Désirant renfermer le débat dans des limites scientifiques, et éviter toute polémique étrangère au sujet, je crois devoir ajouter les remarques suivantes. Les causes d'insalubrité produites par la crue des eaux qui avait empêché le fonctionnement de la machine de Marly, forcé l'administration à se servir des eaux de mauvaise qualité des réservoirs, et entraîné une masse considérable de matières organiques dans les eaux d'étangs; ces causes ont cessé depuis le commencement d'avril, et l'eau, sans être parfaite, est revenue à son état normal. En même temps, l'épidémie de diarrhée qui a sévi à Versailles avec tant d'intensité, pendant les premiers mois de 1873, a disparu. Quant à la salubrité du climat de Versailles, il n'a pu me venir à la pensée de la mettre en doute. En effet, cette ville, située sur un plateau élevé, entourée d'une ceinture de bois, ornée de splendides promenades et parfaitement balayée par les vents, se recommande aux médecins et aux hygiénistes.

» Après cette déclaration, contenue d'ailleurs implicitement dans mon travail, je maintiens dans toute leur intégrité les conclusions de mon Mémoire du 28 avril. »

M. L.-V. Turquan transmet à l'Académie, par l'entremise de M. Puiseux, un Mémoire sur le problème des trois corps.

(Commissaires : MM. Liouville, Hermite, Puiseux.)

M. Hallez d'Arros soumet au jugement de l'Académie un Mémoire sur une roue « électro-cursive ».

(Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Jamin, Tresca.)

M. **Constantin** adresse la description d'un « Nouveau procédé de vernissage des poteries communes, considéré au point de vue de l'hygiène et de la salubrité publique ».

(Renvoi à la Commission des Arts insalubres.)

M. **Duchemin** adresse une Note relative à une encre dite indélébile.

(Commissaires : MM. Dumas, Boussingault.)

M. **L.-A. Ghisi** adresse l'indication d'un remède contre le *Phylloxera*.

(Renvoi à la Commission du *Phylloxera*.)

M. **Mathey** soumet au jugement de l'Académie une invention qui aurait pour but de réduire, des quatre cinquièmes, la consommation du combustible dans les machines à vapeur.

(Renvoi au Concours du prix Plumey.)

M. **H. Benoist** adresse une Note « sur l'approximation des arcs de courbe ».

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Serret.

M. **Rochon** adresse une Note sur l'efficacité de la *méthode immédiate*, pour les opérations du rétrécissement de l'urètre.

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Nélaton.

M. **A. Heurtel** adresse, par l'entremise de M. Faye, une Note relative à un « Essai de calcul mental et de calcul écrit simplifié ».

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Serret.

M. **Adcock** adresse une Note concernant la figure de la Terre.

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Le Verrier.

M. **A. Veillet** adresse une nouvelle Note relative à son « Appareil électrique prévenant les accidents de chemins de fer ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **C. Morello** adresse une nouvelle Note relative à sa théorie de la Lune.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

M. A. **Rivière** demande et obtient l'autorisation de retirer du Secrétariat divers Mémoires sur lesquels il n'a pas été fait de Rapport.

CORRESPONDANCE.

M. A. **d'Abbadie** prie l'Académie de le comprendre parmi les candidats à la place actuellement vacante au Bureau des Longitudes, dans la Section de Géographie.

(Renvoi à la Commission.)

La **Société centrale d'Agriculture de France** invite les Membres de l'Académie à assister à la séance publique annuelle qu'elle tiendra le dimanche 18 mai.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le premier volume du « Traité de Mécanique générale, de M. *H. Resal* »;

2° Un Mémoire du P. *Ferrari*, imprimé en italien, et intitulé : « Recherches physico-astronomiques sur la météorite tombée dans la campagne de Rome le 31 août 1872 ». Ce Mémoire sera transmis à M. Daubrée.

3° Deux brochures de M. *Gillet-Damitte*, intitulées : « Le galéga, nouveau fourrage, sa culture, son usage et son profit », et « De la mortalité des nouveau-nés et du sirop de galéga ». (Renvoi à la Commission du prix Morogues.)

4° Un numéro des « Annales de l'Observatoire de San-Fernando », publié en langue espagnole, et contenant des figures de l'éclipse de Soleil du 22 décembre 1870. Cette éclipse a été masquée presque partout par les nuages; elle a pu être observée très-nettement à l'Observatoire de San-Fernando, au travers d'une éclaircie. Ce document sera transmis à M. Janssen.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale à l'Académie la suite manuscrite du « Vocabulaire polyglotte géographique de l'Europe, par M. *C. Mensinger* ».

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

M. le **Président**, en présentant à l'Académie, au nom de M. le professeur *Capellini*, le « Compte rendu de la cinquième session du Congrès

d'Anthropologie et d'Archéologie préhistoriques, tenue à Bologne en 1871 », s'exprime comme il suit :

« Quoique étant de droit Président honoraire, M. Capellini avait bien voulu accepter les lourdes fonctions de secrétaire général d'une session qu'il avait organisée avec le zèle et l'activité les plus méritoires. Grâce à lui, une exposition d'Archéologie préhistorique avait, entre autres, été réalisée et présenta groupées pendant toute la durée de la session la plupart des richesses scientifiques habituellement dispersées dans l'Italie entière. Il serait injuste de ne pas rappeler que le gouvernement italien s'associa de la manière la plus généreuse au mouvement qui appelait à Bologne des savants russes et suédois, aussi bien que des Suisses, des Allemands et des Français, et que Son Altesse Royale le prince Humbert vint assister à une séance ordinaire, en qualité de Protecteur du Congrès.

» Le volume publié par M. Capellini se distingue par la beauté de l'exécution ; mais c'est là le moindre de ses mérites : le texte reproduit avec une fidélité scrupuleuse, non-seulement les Mémoires lus au Congrès, mais aussi les discussions soulevées par ces Communications. M. Capellini déclare, du reste, avoir été grandement aidé par MM. Cazalis de Fondouce, Garrigou, Cartailhac, Chantre et Demarsy, secrétaires ou secrétaires-adjoints du Congrès, dans cette partie de sa tâche.

» Ce volume, par son contenu, est de nature à intéresser les membres de presque toutes les Académies composant l'Institut. L'Archéologie et l'Histoire y occupent sans doute le premier rang ; mais quelques-uns des sujets abordés touchent à des questions du ressort de l'Académie des Sciences morales et politiques : les Membres de l'Académie des Beaux-Arts y trouveront plus d'un fait, plus d'un détail propres à les intéresser. Quant aux sciences proprement dites, elles y sont représentées par divers travaux de Géologie et de Paléontologie dont la tendance générale est de rechercher les rapports qui unissent l'antique histoire de l'homme à celle des animaux et du globe lui-même. A ce point de vue, le Compte rendu rédigé par M. Capellini est parfaitement de nature à être offert à l'Académie des Sciences. »

GÉOMÉTRIE. — *Note sur la représentation algébrique des lignes droites dans l'espace.* Note de M. **W. Spottiswoode**, présentée par M. Chasles.

« Dans cette Note, je me propose de démontrer que la méthode des *six coordonnées d'une ligne droite dans l'espace* peut se généraliser de la manière suivante.

» Je rappelle, pour le moment, les formules bien connues des six coordonnées, pour mieux mettre en évidence la généralisation dont il s'agit.

» Si l'on représente une droite par l'intersection de deux plans dont les équations sont

$$(1)\qquad \begin{cases} lx + my + nz + pu = 0, \\ l_1 x + m_1 y + n_1 z + p_1 u = 0, \end{cases}$$

les six déterminants formés des huit coefficients, savoir

$$(2)\qquad \begin{vmatrix} l & m & n & p \\ l_1 & m_1 & n_1 & p_1 \end{vmatrix} = \mathrm{a, b, c, f, g, h},$$

s'appellent les six coordonnées de la droite. Ils satisfont à l'équation

$$(3)\qquad \mathrm{af + bg + ch} = 0,$$

et comme il ne s'agit que des rapports de ces six quantités, il n'en reste que quatre qui sont indépendantes; ce qui doit arriver. En éliminant tour à tour les quatre variables des équations (1), on arrive aux formules suivantes :

$$(4)\qquad \begin{cases} (\alpha) & \mathrm{h}y - \mathrm{g}z + \mathrm{a}u = 0, \\ (\beta) & -\mathrm{h}x + \mathrm{f}z + \mathrm{b}u = 0, \\ (\gamma) & \mathrm{g}x - \mathrm{f}y + \mathrm{c}u = 0, \\ (\delta) & \mathrm{f}x + \mathrm{g}y + \mathrm{h}z = 0, \end{cases}$$

desquelles deux quelconques serviront pour déterminer la droite. En faisant la somme $(\alpha)x + (\beta)y + (\gamma)z$, on trouve aussi la forme

$$\mathrm{a}x + \mathrm{b}y + \mathrm{c}z = 0;$$

et en faisant la somme $(\alpha)\mathrm{f} + (\beta)\mathrm{g} + (\gamma)\mathrm{h}$, on retombe sur l'équation (3).

» Quant à l'usage de ces formules, je ne donnerai ici qu'un seul exemple. Pour trouver la condition pour que deux droites, dont les coordonnées sont $(\mathrm{a}, \mathrm{b}, \ldots)$, $(\mathrm{a}_1, \mathrm{b}_1, \ldots)$ se rencontrent, on part des équations (41) de la première droite, et l'on déduit

$$(\mathrm{af}_1 + \mathrm{bg}_1 + \mathrm{ch}_1)u = \begin{vmatrix} x & y & z \\ \mathrm{f} & \mathrm{g} & \mathrm{h} \\ \mathrm{f}_1 & \mathrm{g}_1 & \mathrm{h}_1 \end{vmatrix}.$$

De la même manière, en partant des équations de la seconde droite, on

déduira

$$(a_1 f + b_1 g + c_1 h)u = \begin{vmatrix} x & y & z \\ f_1 & g_1 & h_1 \\ f & g & h \end{vmatrix};$$

mais, au point de rencontre des droites, ces deux équations doivent être satisfaites par les mêmes valeurs des variables x, y, z, u. Donc, en ajoutant ces équations l'une à l'autre, on trouvera, pour la condition dont il s'agit,

$$(5) \qquad af_1 + bg_1 + ch_1 + a_1 f + b_1 g + c_1 h = 0.$$

» En cherchant à généraliser cette méthode, j'ai trouvé que l'on peut représenter une droite au moyen de trois équations homogènes et linéaires à cinq variables, ou, en se servant de la terminologie de la Géométrie moderne, par la rencontre de trois lieux plans de l'espace à quatre dimensions. Posons ces équations ainsi :

$$(6) \qquad \begin{cases} lx + my + nz + pu + qv = 0, \\ l_1 x + m_1 y + n_1 z + p_1 u + q_1 v = 0, \\ l_2 x + m_2 y + n_2 z + p_2 u + q_2 v = 0. \end{cases}$$

» Des quinze coefficients, on peut tirer dix déterminants, ou bien *dix coordonnées de la droite*. En n'écrivant que la première ligne de chacun de ces déterminants, posons

$$(7) \quad \begin{cases} |m \;\; n \;\; p| = a, & |m \;\; n \;\; q| = f, & |l \;\; p \;\; q| = l, & |l \;\; m \;\; n| = k. \\ |n \;\; l \;\; p| = b, & |n \;\; l \;\; q| = g, & |m \;\; p \;\; q| = m, & \\ |l \;\; m \;\; p| = c, & |l \;\; m \;\; q| = h, & |n \;\; p \;\; q| = n, & \end{cases}$$

Ces dix coordonnées satisfont aux cinq conditions ci-dessous, savoir :

$$(8) \qquad \begin{cases} \quad . \qquad bh - cg - lk = 0, \\ -ah \quad . \quad + cf - mk = 0, \\ ag - bf \quad . \quad - nk = 0, \\ al + bm + cn \quad . \quad = 0, \\ fl + gm + hn \quad . \quad = 0. \end{cases}$$

» La démonstration de ces formules s'effectue ou par la méthode des déterminants, ou bien immédiatement au moyen des dix équations que

l'on obtient en éliminant deux à deux les variables des équations (6) :

$$(9)\quad \begin{cases} kx + au + fv = o, & cy - bz + lv = o, \\ ky + bu + gv = o, & az - cx + mv = o, \\ kz + cu + hv = o, & bx - ay + nv = o, \\ hy - gz + lu = o, & lx + my + nz = o. \\ fz - hx + mu = o, & \\ gx - fy + nu = o, & \end{cases}$$

» Cependant il est visible que les deux dernières des équations (8) ne sont que des conséquences des trois premières; de sorte que le système (8) n'équivaut qu'à trois conditions entre les dix coordonnées. Par conséquent, il n'y a que sept, ou (parce qu'il ne s'agit que des rapports de ces quantités) véritablement six coordonnées qui restent indépendantes : ce qui doit arriver. En effet, pour déterminer une droite représentée par une seule équation à trois variables (c'est-à-dire une droite en espace à deux dimensions), il ne faut que deux quantités ou coordonnées. Pour une droite représentée par deux équations à quatre variables (c'est-à-dire une droite en espace à trois dimensions), il faut quatre de ces coordonnées. De la même manière, pour une droite représentée par trois équations à cinq variables (c'est-à-dire une droite en espace à quatre dimensions), il faut six coordonnées. De plus, pour une rencontre de deux droites en espace à deux dimensions, il ne faut pas de condition; pour une telle rencontre en espace à trois dimensions, il faut une seule condition. Pour une rencontre en espace à quatre dimensions, il faut encore deux conditions, trois en tout.

» Cela posé, les trois conditions nécessaires et suffisantes pour une telle rencontre se déduisent facilement des équations (8), et peuvent s'exprimer par le système

$$(10)\quad \begin{cases} bh_1 - cg_1 - lk_1 - b_1 h - c_1 g - l_1 k = o, \\ -ah_1 + cf_1 - mk_1 - a_1 h + c_1 g - m_1 k = o, \\ ag_1 - hf_1 - nk_1 + a_1 g - b_1 f - n_1 k = o, \\ al_1 + bm_1 + cn_1 + a_1 l + b_1 m + c_1 n = o, \\ fl_1 + gm_1 + hn_1 + f_1 l + g_1 m + h_1 n = o; \end{cases}$$

deux quelconques peuvent se déduire des trois autres.

» Avant de quitter la question des droites, on peut remarquer que, dans le système dérivé (9), trois équations quelconques qui contiennent les

cinq variables, ou bien deux quelconques qui n'en contiennent que quatre, peuvent servir pour déterminer la droite. Et dans ce cas, en faisant les calculs selon la première méthode, on trouvera que les six coordonnées ne sont, à un facteur près, autre chose que six parmi les dix coordonnées de la seconde méthode. En effet, des équations, par exemple,

$$\mathrm{k}y \quad . \quad + \mathrm{b}u + \mathrm{g}v = 0,$$
$$. \quad \mathrm{k}z + \mathrm{c}u + \mathrm{h}v = 0,$$

on tire pour les six coordonnées les expressions suivantes :

$$-\mathrm{kb}, \quad -\mathrm{kc}, \quad \mathrm{k}^2, \quad \mathrm{kh}, \quad -\mathrm{kg}, \quad \mathrm{bh}, \quad -\mathrm{cg},$$

ou bien, au facteur $-\mathrm{k}$ près,

$$\mathrm{b}, \quad \mathrm{c}, \quad -\mathrm{k}, \quad -\mathrm{h}, \quad \mathrm{g}, \quad -\mathrm{l},$$

c'est-à-dire des quantités qui satisfont à la condition nécessaire et suffisante pour qu'ils servent comme six coordonnées d'une droite

$$\mathrm{bh} - \mathrm{cg} - \mathrm{lk} = 0;$$

et ainsi de suite pour les autres.

» Si l'on supprime les quantités l_2, m_2, n_2, q_2, p, p_1, on retrouve les formules (1), (2), (3), (4), (5).

» En terminant cette Note, je remarque qu'un plan peut se représenter ou par une seule équation à quatre variables, ou par deux équations à cinq variables, de la forme

$$lx + my + nz + pu + qv = 0,$$
$$l_1 x + m_1 y + n_1 z + p_1 u + q_1 v = 0,$$

et l'on peut en déduire les dix coordonnées du plan, savoir

$$\begin{vmatrix} l, & m, & n, & p, & q \\ l_1, & m_1, & n_1, & p_1, & q_1 \end{vmatrix} = \mathrm{a}, \quad \mathrm{b}, \quad \mathrm{c}, \quad \mathrm{f}, \quad \mathrm{g}, \quad \mathrm{h}, \quad \mathrm{l}, \quad \mathrm{m}, \quad \mathrm{n}, \quad \mathrm{k},$$

qui satisfont à des conditions de la même forme que le système (10). »

ANALYSE. — *Mémoire sur la théorie des dérivées principales et son application à la Mécanique analytique; par M.* ÉMILE MATHIEU. (Extrait par l'auteur.)

« Considérons une fonction α d'un nombre pair de variables, que nous désignons par $q_1, q_2, \ldots, q_n, p_1, p_2, \ldots, p_n$, et supposons qu'on ait, entre ces

$2n$ variables, $2r$ équations

$$(1)\qquad f_1 = 0,\quad f_2 = 0, \ldots,\quad f_{2r} = 0,$$

r étant $< n$; α est donc une fonction donnée des variables q_i, p_i; mais, à cause des équations (1), on peut donner à α une infinité d'autres formes, renfermées dans la formule

$$\alpha' = \alpha + \lambda_1 f_1 + \ldots + \lambda_{2r} f_{2r},$$

λ_1, $\lambda_2, \ldots, \lambda_{2r}$ étant des fonctions des mêmes variables, qui ne deviennent pas infinies dans les limites où l'on fait varier les variables. Les dérivées de α' sont renfermées dans les deux formules

$$\frac{d\alpha}{dq_i} + \lambda_1 \frac{df_1}{dq_i} + \ldots + \lambda_{2r} \frac{df_{2r}}{dq_i},$$
$$\frac{d\alpha}{dp_i} + \lambda_1 \frac{df_1}{dp_i} + \ldots + \lambda_{2r} \frac{df_{2r}}{dp_i}.$$

» En y faisant $i = 1, 2, \ldots, n$, on obtient $2n$ expressions, qui forment ce que nous appellerons un groupe de *dérivées virtuelles*.

» Parmi le nombre infini des groupes de dérivées virtuelles, on doit en distinguer un, que nous appelons le groupe des *dérivées principales;* il s'obtient en prenant, pour les quantités λ, les $2r$ quantités qui satisfont aux $2r$ équations linéaires renfermées dans celle-ci :

$$[f_1, f_s]\lambda_1 + [f_2, f_s]\lambda_2 + \ldots + [f_{2r}, f_s]\lambda_{2r} = [f_s, \alpha],$$

où s est susceptible des valeurs $1, 2, \ldots, n$, et en posant, suivant la notation habituelle,

$$[u, v] = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{du}{dq_i}\frac{dv}{dp_i} - \frac{du}{dp_i}\frac{dv}{dq_i} \right).$$

On démontre facilement sur les dérivées principales les deux théorèmes suivants :

» 1° *Le groupe des dérivées principales de α ne dépend pas de la forme sous laquelle α a été donné.*

» 2° *Chaque dérivée principale de la somme de deux fonctions, par rapport à une des variables q_i, p_i, est égale à la somme des dérivées principales de ces fonctions par rapport à la même variable.*

» Désignons les dérivées principales par la notation des dérivées ordi-

naires, mais en les plaçant entre parenthèses; ainsi $\left(\frac{d\alpha}{dq_i}\right)$ représentera la dérivée principale de α par rapport à q_i. Nous aurons alors ce théorème :

» Théorème. — *Imaginons $2n - 2r$ fonctions désignées généralement par β des $2n$ variables q_i, p_i, et supposons entre ces variables les $2r$ équations*

$$f_1 = 0, \quad f_2 = 0, \ldots, \quad f_{2r} = 0;$$

alors, en désignant par α une fonction quelconque de ces variables, on a ces formules extrêmement simples :

$$\left(\frac{d\alpha}{dq_i}\right) = \sum_\beta \frac{d\alpha}{d\beta}\left(\frac{d\beta}{dq_i}\right), \quad \left(\frac{d\alpha}{dp_i}\right) = \sum_\beta \frac{d\alpha}{d\beta}\left(\frac{d\beta}{dp_i}\right).$$

» Ainsi le théorème élémentaire relatif à la dérivée d'une fonction composée est applicable aux dérivées principales.

» Imaginons maintenant que les $2n$ variables q_i, p_i satisfassent à l'équation

$$\frac{dq_1}{dt}\delta p_1 + \frac{dq_2}{dt}\delta p_2 + \ldots + \frac{dq_n}{dt}\delta p_n - \left(\frac{dp_1}{dt}\delta q_1 + \ldots + \frac{dp_n}{dt}\delta q_n\right) = \delta \mathrm{H},$$

dans laquelle la caractéristique δ indique les variations des quantités q_i, p_i assujetties aux équations (1), et H est une fonction de ces $2n$ variables. On en conclut les $2n$ équations suivantes :

$$\frac{dq_i}{dt} = \left(\frac{d\mathrm{H}}{dp_i}\right), \quad \frac{dp_i}{dt} = -\left(\frac{d\mathrm{H}}{dq_i}\right),$$

dans lesquelles les seconds membres désignent des dérivées principales.

» Ces équations renferment, comme cas particulier, les équations de la Dynamique données par Jacobi (*Nova methodus*, t. III de ses *OEuvres*, p. 216). On obtient ces dernières en supposant que $f_1, f_2, \ldots, f_r$ ne renferment que les variables q_i et que l'on pose

$$f_{r+1} = [f_1, \mathrm{H}], \quad f_{r+2} = [f_2, \mathrm{H}], \ldots.$$

» Les $2n$ variables q_i, p_i peuvent être remplacées par $2n - 2r$ variables $\mathrm{Q}_1, \mathrm{Q}_2, \ldots, \mathrm{Q}_{n-r}, \mathrm{P}_1, \mathrm{P}_2, \ldots, \mathrm{P}_{n-r}$, indépendantes entre elles, et qui satisfont aux $2n - 2r$ équations différentielles

$$\frac{d\mathrm{Q}_i}{dt} = \frac{d\mathrm{H}}{d\mathrm{P}_i}, \quad \frac{d\mathrm{P}_i}{dt} = -\frac{d\mathrm{H}}{d\mathrm{Q}_i}.$$

» Quand les équations de condition entre les variables disparaissent, le problème des *perturbations* se résout par des formules dues à Lagrange, ou

par d'autres dues à Poisson : les premières ne changent pas par les équations de condition; les secondes, au contraire, doivent être modifiées, et cette modification présente beaucoup de difficultés; toutefois on les lève très-heureusement par la théorie des dérivées principales. De plus, nous généralisons ce problème comme il suit :

» Supposons entre les variables q_i, p_i les $2r$ équations finies

$$(a) \qquad f_1 = 0, \quad f_2 = 0, \ldots, \quad f_{2r} = 0,$$

et les $2n$ équations différentielles

$$(b) \qquad \frac{dq_i}{dt} = \left(\frac{dH}{dp_i}\right), \quad \frac{dp_i}{dt} = -\left(\frac{dH}{dq_i}\right),$$

dont les seconds membres sont les dérivées principales de la fonction H. Concevons que l'on ait intégré ces équations, et que l'on ait trouvé pour intégrales les $2n - 2r$ équations

$$(c) \quad \beta_1 = \beta_1(q_1, q_2, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n), \quad \beta_2 = \beta_2(q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n), \ldots,$$

les premiers membres désignant des constantes arbitraires; supposons ensuite que l'on ait à résoudre le même problème dans lequel la fonction H est remplacée par $H + \Omega$, Ω étant très-petit, de sorte que les équations (a) subsistent encore; mais les équations (b) sont remplacées par

$$(d) \qquad \frac{dq_i}{dt} = \left[\frac{d(H + \Omega)}{dp_i}\right], \quad \frac{dp_i}{dt} = -\left[\frac{d(H + \Omega)}{dq_i}\right].$$

Alors les fonctions des variables q_i, p_i, qui forment les seconds membres des équations (c), ne sont plus égales à des constantes; mais leurs dérivées par rapport à t sont, en général, de très-petites quantités qu'il s'agit de déterminer. Le problème, posé dans ces termes, se résout par la formule

$$\frac{d\alpha}{dt} = \sum_\beta \frac{d\Omega}{d\beta} \left\{ [\alpha, \beta] + \mu_1(\beta)[\alpha, f_1] + \ldots + \mu_{2r}(\beta)[\alpha, f_{2r}] \right\},$$

α désignant une quelconque des fonctions (c), et les quantités $\mu_1(\beta)$, $\mu_2(\beta), \ldots$ étant les solutions des $2r$ équations linéaires renfermées dans la suivante :

$$[f_1, f_i]\mu_1(\beta) + [f_2, f_i]\mu_2(\beta) + \ldots + [f_{2r}, f_i]\mu_{2r}(\beta) = [f_i, \beta],$$

i étant susceptible des valeurs $1, 2, \ldots, 2r$.

» Désignons par $[\alpha, \beta]'$, par rapport aux variables Q_i, P_i, l'expression

analogue à $[\alpha, \beta]$ par rapport aux variables q_i, p_i, c'est-à-dire posons

$$[\alpha, \beta]' = \sum \left(\frac{d\alpha}{dQ_i} \frac{d\beta}{dP_i} - \frac{d\alpha}{dP_i} \frac{d\beta}{dQ_i} \right);$$

on déduit très-facilement de la formule précédente des perturbations

$$[\alpha, \beta]' = [\alpha, \beta] + \mu_1(\beta)[\alpha, f_1] + \ldots + \mu_{2r}(\beta)[\alpha, f_{2r}].$$

» Cette équation donne la généralisation de la solution d'un problème que Jacobi considère comme très-difficile, et qu'il se propose dans les termes suivants (*Nova Methodus*, § XXXVIII, p. 195) :

« Quum propter rei utilitatem tum propter egregiam ejus difficultatem, tum quia accu-
» rate examinare juvat, quæcumque spectant ad expressionem $[\varphi, \psi]$ tantis proprietatibus
» gaudentem, etc. »

» La formule à laquelle Jacobi est arrivé par des calculs très-compliqués se rapporte au cas où les équations de condition sont assujetties aux restrictions indiquées ci-dessus ; notre généralisation, loin de compliquer les raisonnements et le résultat, les simplifie en faisant entrer de la même manière deux sortes de fonctions qui semblent tout à fait distinctes dans la question de Jacobi. »

NAVIGATION. — *Régulation des compas sans relèvements.* Note de M. CASPARI, présentée par M. Jamin.

« L'erreur des compas, due aux fers des navires, varie avec la latitude magnétique. Les méthodes d'observation des déviations ne permettent pas de séparer les éléments dont la connaissance serait nécessaire pour prédire ces variations d'état magnétique. Le mode de vérification en cours de campagne s'appuie sur des observations astronomiques, qui deviennent impossibles par temps brumeux : or, c'est surtout dans ces cas qu'un navire a besoin, pour atterrir sûrement, de connaître les erreurs de ses compas.

» Les mesures directes de déviation étant impossibles, j'y ai substitué le moyen pratique le plus simple de mesurer une fonction de la force horizontale totale, et d'en déduire la valeur de la force perturbatrice. Pour cela, je mesure la déviation de l'aiguille du compas produite par un aimant placé au-dessus de celui-ci et tournant autour de son axe vertical. Le couple produit ainsi a toujours la même valeur, pourvu que l'angle des deux aimants reste le même; il peut servir par suite à mesurer l'action combinée de la terre et du navire à laquelle il fait équilibre.

» Si e désigne l'écart ainsi produit sur l'aiguille, H' la valeur de la force horizontale de la terre et du navire, on a

$$H' \sin e = \text{const.},$$

indépendamment de toute hypothèse sur les actions magnétiques.

» On mesure les écarts à plusieurs caps du navire, et, en combinant les relations ainsi obtenues avec les équations de Poisson, on en déduit les valeurs des déviations.

» Les équations de Poisson, transformées par M. Archibald Smith, renferment en dernière analyse b constantes λ, A, B, C, D, E. On peut connaître une fois pour toutes λ et D; on peut disposer (et l'on dispose généralement) le compas étalon de manière que A et E soient nuls. Il ne reste donc plus que B et C à déterminer. La méthode la plus simple consiste à gouverner à trois caps cardinaux du compas; les relations permettent facilement, dans ce cas particulier, de calculer C et B par des formules simples.

» J'indique un moyen d'effectuer la régulation en n'observant qu'à deux caps cardinaux adjacents; soit qu'on puisse mesurer par un moyen quelconque la relation vraie du navire en passant d'un des caps à l'autre, soit qu'on calcule la constante λ et que l'on fasse certaines observations avant le départ. »

PHYSIQUE. — *Sur un électro-diapason à mouvement continu.* Note de M. E. **Mercadier**, présentée par M. Jamin.

« A l'occasion d'études sur des phénomènes électriques qui se produisent pendant un temps très-court dans les appareils télégraphiques, j'ai été conduit à rechercher s'il ne serait pas possible de construire un appareil susceptible : 1° de diviser le temps en fractions très-petites et égales; 2° de produire ces durées très-petites *d'une manière continue*, et sans exiger d'autre réglage que celui qui serait nécessaire au départ; 3° d'enregistrer facilement ces fractions de temps.

» Une solution de ce problème, appliquée depuis longtemps, consiste dans l'emploi de deux diapasons A et B, dont l'un, B, fait un nombre de vibrations égal à celui de l'autre ou à l'un de ses multiples. Le diapason A est disposé en trembleur électrique de Froment, avec un contact à mercure comme dans l'interrupteur de Foucault. En face de chaque branche du diapason B se trouve un électro-aimant, dans lequel passe le courant, interrompu à chaque instant, qui circule dans l'électro-aimant de A en entretenant son mouvement. Il en résulte sur les branches de B une

série très-rapide d'attractions synchrones qui provoquent ses vibrations et les entretiennent. Un style fixé à ce diapason peut en inscrire les vibrations.

» Cet appareil présente plusieurs inconvénients : il est complexe; il nécessite l'emploi de deux diapasons d'un nombre relatif de vibrations parfaitement déterminé et de trois électro-aimants semblables. De plus, dans l'interrupteur Foucault, qui sert à animer une bobine d'induction, et dans lequel la condition essentielle à remplir est que l'interruption du courant soit aussi nette et brusque que possible, l'emploi du mercure surmonté d'une couche d'alcool est excellent; mais, lorsqu'il s'agit de produire plus de cent interruptions par seconde, le mercure est défectueux : il s'oxyde rapidement; l'alcool devient noir, empêche, par suite, de voir la pointe de l'interrupteur, ce qui rend son réglage difficile, de telle sorte qu'on voit souvent des appareils de cette nature cesser de temps en temps et brusquement de fonctionner, sans qu'on puisse en bien déterminer la cause. Il en résulte qu'on ne peut pas être bien sûr, quand on met l'appareil en marche en commençant une expérience, que le mouvement du diapason ne s'éteindra pas avant qu'on ait eu le temps de la finir.

» On peut éviter ces inconvénients, en simplifiant en même temps beaucoup l'appareil, d'après les considérations suivantes :

» 1° La condition d'interruptions brusques de courant n'est pas nécessaire ici; au contraire, car il s'agit d'*entretenir* un mouvement vibratoire dont la force vive varie *graduellement;* l'emploi du mercure et de l'alcool est donc plutôt nuisible qu'utile : on y substitue avantageusement une plaque de platine sur laquelle vient butter un style en fil de même métal. Il se produit alors, à chaque contact, une étincelle d'induction qui en prolonge un peu la durée. Le platine est peu à peu arraché, il est vrai; mais il ne s'oxyde pas et fonctionne toujours bien : j'ai des plaques interruptives de cette nature qui me servent depuis trois mois, sans que jamais l'appareil mis en mouvement se soit arrêté par leur fait, même avec 250 interruptions par seconde.

» 2° Cela étant, l'instrument ne comportant plus l'emploi de liquides, on peut placer le diapason interrupteur dans toutes les positions possibles, et, dès lors, on ne voit pas pourquoi ce diapason n'enregistrerait pas lui-même ses propres vibrations, au lieu de servir simplement d'intermédiaire à un autre.

» Cette remarque conduit à la suppression d'un diapason sur deux; et, comme d'ailleurs le diapason interrupteur à contact en platine marche

très-bien avec un seul électro-aimant, placé en face de l'une de ses branches, on peut supprimer deux électro-aimants sur trois.

» La construction de l'instrument que j'appelle *électro-diapason à mouvement continu* n'est que l'application de ces remarques.

» L'appareil se compose donc d'un seul diapason vissé dans un madrier en chêne porté sur trois vis calantes. Un petit électro-aimant à faible résistance est fixé sur un montant, en face de l'une des branches du diapason qui porte, en arrière, un fil de platine de 1 centimètre de longueur environ destiné à servir de *style interrupteur;* à l'autre branche est fixé, en avant, un autre style quelconque, un fil d'acier d'environ $0^{mm},3$ de diamètre, par exemple, qui sert à enregistrer les vibrations. La plaque interruptrice en platine, portée sur une vis de réglage, est fixée entre les deux branches du diapason, un peu en arrière, en face du fil de platine, et de façon que le contact ait lieu lorsque les deux branches *se rapprochent* (1). Enfin le rhéophore positif d'une pile est mis en communication avec la plaque interruptrice, et le négatif avec le style interrupteur, par l'intermédiaire du fil de l'électro-aimant et de la tige du diapason.

» Dans ces conditions, il suffit d'approcher la plaque du fil de platine à l'aide de la vis qui la supporte. Dès que le contact a lieu et qu'une petite étincelle jaillit, le courant passe, l'électro-aimant agit, le diapason se met à vibrer *de lui-même*, le style interrupteur vibre synchroniquement : on fait varier sa distance à la plaque, jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'amplitude vibratoire maximum de l'instrument; celui-ci est alors réglé et continue à vibrer sans s'arrêter, tant que la pile fonctionne (2).

» Pour obtenir un chronographe avec cet instrument, il suffit d'y ajouter un cylindre recouvert de papier enfumé, mis en mouvement, soit à la main, soit à l'aide d'un moteur, et sur lequel le style enregistreur inscrit les vibrations du diapason.

» J'ai obtenu ainsi, avec des diapasons de 128, 256, 512 vibrations simples par seconde, et un cylindre de 15 centimètres de diamètre seulement, des sinusoïdes dont l'amplitude peut aller (même avec le troisième

(1) Si l'on se sert d'un fil d'acier comme enregistreur, on peut le prendre assez long pour qu'il déborde des deux côtés du diapason et faire servir la partie antérieure d'enregistreur et la partie postérieure d'interrupteur. J'ai constaté que, malgré l'oxydation du fil d'acier sous l'influence des étincelles d'induction, l'appareil fonctionnait d'une manière continue, au moins pendant dix-huit heures de suite.

(2) J'ai dans mon laboratoire, à l'Administration centrale des télégraphes, un de ces appareils qui marche jour et nuit depuis le 5 mai.

diapason) à 4 et 5 millimètres. En coupant les sinusoïdes en deux parties égales par le tracé de leur ligne droite médiane, on obtient les divisions du temps correspondant au nombre des vibrations *simples* du diapason. Par exemple, j'ai très-facilement sur les graphiques des 512ièmes de seconde représentés par des longueurs d'environ 3 millimètres, et dont les extrémités sont nettement déterminées par les intersections, sous un angle assez grand, de la ligne droite avec la sinusoïde : il suffit pour cela de faire tourner le cylindre avec une vitesse d'environ trois tours par seconde.

» La propriété la plus importante de cet appareil si simple est que, quelles que soient l'intensité de la pile, la distance de l'électro-aimant au diapason et sa hauteur le long de la branche en face de lui, quelle que soit, en un mot, l'amplitude des vibrations du diapason, ces vibrations conservent, malgré la dissymétrie de la disposition adoptée, un synchronisme remarquable, à moins d'un millième près. On peut donc se fier pleinement aux indications des graphiques qui les représentent, et l'emploi d'un pendule à secondes, ainsi que l'a fait M. Regnault dans ses belles recherches sur la vitesse du son, paraît superflu, si ce n'est pour déterminer une fois pour toutes le nombre exact des vibrations du diapason dont on se sert.

» Je reviendrai sur ce sujet dans une prochaine Communication, pour donner divers résultats numériques, et j'indiquerai en même temps un certain nombre de faits intéressant la théorie de l'élasticité, qui se présentent tout naturellement, quand on cherche les conditions nécessaires pour faire rendre à un appareil de ce genre le maximum d'effet qu'il peut donner. »

PHYSIQUE. — *Réponse à une observation de M.* Raynaud, *sur les conditions de maximum de la résistance des galvanomètres;* par M. Th. du Moncel.

« Dans la Note à laquelle M. Raynaud fait allusion dans sa Communication à l'Académie, du 21 avril dernier, je n'ai pas prétendu, en aucune façon, *critiquer*, comme il le croit, *la solution admise*, puisque je suis arrivé aux mêmes conclusions, en partant de la formule complète que j'ai posée, quand je prenais pour variable la grosseur du fil (1). J'ai dit seulement qu'en réalité le nombre des tours de spires n'était pas représenté par la racine carrée de la résistance de l'hélice magnétique, comme le suppose la formule incomplète que je discutais; et je démontrais qu'en ne tenant pas compte de

(1) Voir mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. II, p. 13, 3e édition.

l'action différente des spires, suivant leur distance plus ou moins grande au centre magnétique, ce qui peut être admis dans les conditions ordinaires des électro-aimants, comme l'expérience le démontre et comme l'indique la loi elle-même de la proportionnalité de la force magnétique au nombre des tours de spires, on peut augmenter l'énergie du moment magnétique, en donnant au fil du multiplicateur une *longueur plus grande que celle qui rendrait sa résistance égale à celle du circuit extérieur*. Voici, en effet, les conclusions auxquelles j'avais été conduit et qui sont nettement définies, pour le cas des électro-aimants, dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. II, p. 16 (3e édition).

» 1° Si l'on fait varier g, c'est-à-dire le diamètre du fil de l'électro-aimant, *les conditions de maximum répondent à l'égalité des deux résistances* R *et* H. Cette déduction signifie que, pour un électro-aimant *de dimensions données* a, b, c, la plus grande force possible obtenue avec la moindre résistance de circuit possible est produite quand la grosseur de son fil *rend la résistance de celui-ci égale à celle du circuit extérieur*.

» 2° Si l'on fait varier a, c'est-à-dire l'épaisseur des couches de spires, les conditions de maximum indiquent que la résistance de l'électro-aimant doit être supérieure à la résistance du circuit extérieur, dans le rapport de 1 à $\frac{a+c}{a}$; ce qui signifie qu'*un fil de grosseur donnée* g peut, par son enroulement autour d'un électro-aimant, dont le fer a une longueur et un diamètre donnés, c et b, augmenter avantageusement la force électromagnétique, jusqu'à ce que la résistance de l'hélice soit égale à celle du circuit multipliée par $\frac{a+c}{a}$.

» Ces déductions, comme on le voit, ne contredisent en rien la solution admise et montrent que les considérations exposées par M. Raynaud avaient été prévues.

» Les conclusions pratiques de tout ceci sont que, si l'on ne se préoccupe pas des dimensions d'un multiplicateur, ce qui est le cas général, le maximum de sa sensibilité correspond à une résistance du circuit extérieur plus petite que sa résistance propre; mais que, si l'on a à choisir parmi plusieurs multiplicateurs de mêmes dimensions, enroulés avec des fils de différentes grosseurs, le galvanomètre que l'on devra prendre de préférence sera celui dont la résistance du fil se rapprochera le plus possible de celle du circuit extérieur. »

PHYSIQUE. — *Observations relatives aux Notes de M.* du Moncel *et de MM.* Thenard, *sur la décomposition de l'acide carbonique par les effluves électriques;* par M. G. **Jean.**

« Dans une Note présentée à l'Académie, en décembre 1865, Note publiée dans le journal *les Mondes*, on trouve la description de l'appareil, tout en verre, qui m'a servi pour étudier la formation de l'ozone, et la décomposition de l'acide carbonique en oxyde de carbone et en oxygène ozoné, par les effluves électriques. Cet appareil, qui a été exposé en 1867 par M. Seguy, offre toute la sécurité convenable, pour l'étude si délicate de l'ozone qui attaque avec facilité les vernis et les mastics. Dans cet appareil, le petit tube était argenté intérieurement, au moyen d'un liquide tenant en dissolution un mélange de nitrate d'argent ammoniacal et de sucre interverti.

» Quant au condensateur à carreaux dont a parlé M. du Moncel, il m'a permis d'avoir de grandes surfaces, dont j'espérais obtenir de l'ozone en quantité, au moyen d'une puissante bobine, donnant des étincelles de 60 à 65 centimètres, et ayant percé un bloc de verre épais de 10 centimètres.

» Dans une Note présentée à l'Académie en 1864, j'ai indiqué la modification à faire subir à ce condensateur, pour produire et voir les stratifications de l'effluve électrique, stratifications qui, dans l'appareil décrit par M. du Moncel, sont droites, mais qui prennent la forme de cercles et d'arcs de cercle quand on remplace les carreaux par des calottes sphériques en verre, d'un diamètre convenable. Ces formes de stratification offrent beaucoup d'analogie avec celles qu'affectent les effluves électriques des aurores polaires. Malheureusement, la lumière produite dans cette expérience est courte et très-faible. Pour bien la voir, il faut non-seulement noircir l'étain collé sur la surface inférieure, mais aussi faire l'expérience dans l'obscurité. »

PHYSIQUE. — *Observations relatives à une Communication de M.* du Moncel, *sur l'effluve condensée de l'étincelle d'induction;* par M. **Houzeau.**

« Dans sa Note publiée dans le *Compte rendu* du 21 avril dernier, M. du Moncel s'exprime ainsi :

« Pour appliquer l'effluve aux effets électrochimiques, on a employé deux moyens : l'un consiste à mastiquer ensemble, par leurs bords, les deux lames de verre, en y ména-

geant deux tubulures pour l'entrée et la sortie des gaz; l'autre à composer le condensateur avec trois tubes introduits l'un dans l'autre, et disposés de telle manière que deux d'entre eux puissent former une armature liquide, annulaire, enveloppant, à une distance de 2 à 3 millimètres, le troisième tube, qui constitue alors la seconde armature. »

» On voit que l'auteur de cette Note passe entièrement sous silence un autre moyen que j'ai publié dès 1870.

» Il consiste à faire usage d'un simple tube de verre, le plus mince possible, qu'on remplit intérieurement d'un fil métallique, tandis qu'on enroule à l'extérieur du tube, et presque sur tout le parcours de l'armature intérieure, un autre fil également métallique et d'un diamètre plus petit (1). C'est là ce que j'ai appelé le *tube ozoniseur à simple effet*.

» Le tube à *double effet* est formé du tube précédent, à armatures solides, emprisonné dans un autre tube de diamètre le plus étroit possible, et ayant aussi sa prise de gaz spéciale. On tire ainsi parti de l'effluve électrique développée aux deux électrodes. Ce dispositif permet d'obtenir la même proportion d'ozone dans un temps beaucoup plus court.

» J'ajouterai que mon tube électriseur est, depuis les premiers mois de 1872, répandu dans plusieurs laboratoires de Paris et de l'étranger.

» Si l'on se rappelait les principes qui ont été exposés dans mon Mémoire de 1870, on verrait que c'est la simplicité de ce tube qui en fait la puissance. C'est ce qu'a d'ailleurs compris M. Gaugain, qui en a donné une théorie judicieuse.

» Je n'ai certes aucune prétention à la découverte de l'effluve électrique, pas même à son emploi pour obtenir quelques milligrammes d'ozone par litre d'oxygène ou d'air employé. MM. Jean, Babaud et Baines m'ont

---

(1) Depuis l'hiver de 1871, dans mon laboratoire et à mes Cours publics, afin d'économiser le platine, je substitue à l'armature extérieure métallique une armature liquide (eau acidulée ou salée), mais sans avantage appréciable pour le rendement en ozone. Je me rappelle même avoir installé, séance tenante, un jour, dans le courant de mars 1872, je crois, chez M. Thenard et avec le concours de son jeune et habile préparateur, M. David, un tube ozoniseur analogue aux miens, et dont l'armature *extérieure* était formée d'eau acidulée; seulement son rendement était inférieur à celui de mes tubes.

Plus tard (15 juillet 1872), j'appris, par les *Comptes rendus*, que M. Arn. Thenard avait eu la bonne idée de substituer à ce liquide une solution de chlorhydrate de chlorure d'antimoine, signalé par M. Edm. Becquerel comme un des meilleurs conducteurs de l'électricité, et qu'il avait même remplacé, pour mieux approprier l'appareil à la nature de ses intéressantes recherches, l'armature *intérieure* en platine de mes tubes, par un tube même rempli de la solution stibiée précédente.

devancé dans cette dernière voie, sans cependant faire avancer la question de rendement en ozone, puisque leurs appareils fournissaient ce gaz à l'état moins concentré que les anciennes méthodes connues (électrolyse de l'eau, réaction de l'acide sulfurique sur le bioxyde de baryum); mais, à la suite de laborieuses recherches, qui ont nécessité plus de quatre cents dosages d'ozone, je crois être le premier qui aie su trouver, au point de vue de l'effet chimique produit, les meilleures conditions pour concentrer et utiliser la puissance de l'effluve, pour une intensité électrique donnée. Dès 1870, je chargeais un litre d'oxygène de 100 milligrammes et plus d'ozone.

» En 1872, mon tube électriseur, présenté à l'Académie, produisait couramment, à la température ordinaire, et avec seulement 4 éléments de Bunsen (modèle Dubosq), 60 milligrammes d'ozone par litre. Non-seulement cette proportion n'a pas été dépassée par les systèmes que décrit M. du Moncel, mais elle n'a pas même été atteinte. Les raisons en seront d'ailleurs développées nettement, et avec preuves à l'appui, dans mon Mémoire (1). »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Action du soufre sur l'arsenic*. Note de M. **A. Gélis**, présentée par M. Berthelot.

« 1. Aucune des combinaisons connues du soufre et de l'arsenic n'a encore été obtenue par l'action directe du soufre sur le métal.

» Comme plusieurs métalloïdes, l'arsenic semble se combiner presque en toutes proportions avec le soufre, par simple fusion, mais on ignore la nature des produits qui se forment dans ce cas. On les compare aux alliages, et Berzélius dit positivement « que la chaleur ne donne pas un » moyen d'obtenir les sulfures d'arsenic dans leurs différents degrés de » combinaisons définies ».

» Cette opinion n'est pas d'accord avec les faits que j'ai observés. A la vérité, les produits de l'action directe du soufre sur l'arsenic varient suivant les quantités relatives des deux corps; mais ces produits sont définis, peu nombreux et faciles à déterminer.

» 2. Lorsqu'on chauffe le soufre avec un excès de métal, il ne se forme qu'un seul produit, le bisulfure d'arsenic S^2As. Ce sulfure est rouge-corail;

---

(1) En ce moment, deux de mes tubes électriseurs donnent avec facilité, à la température ordinaire et avec 4 éléments Dubosq, de 78 à 95 milligrammes d'ozone par litre d'oxygène qui les a traversés (dosage par l'iodure de potassium ou l'acide arsénieux). Depuis six mois qu'ils fonctionnent, leur puissance ne s'est pas affaiblie.

il est opaque, sa cassure est cristalline, et il n'a rien de commun avec le produit vitreux connu dans le commerce sous le nom de *faux réalgar*.

» Quand c'est le soufre qui domine, on obtient le quintisulfure S^5As, mais la production de ce sulfure est accompagnée de phénomènes secondaires qui m'obligent à entrer dans quelques détails.

» Si, dans un ballon de verre, on chauffe une partie d'arsenic avec sept ou huit parties de soufre, le métal disparaît, et l'on obtient un liquide transparent et fluide. Ce liquide refroidi donne une masse élastique qui a quelquefois la consistance du caoutchouc. Avec le temps, cette masse se modifie spontanément et devient cassante et facile à pulvériser.

» Soumise à l'action de divers agents, elle a donné les résultats qui suivent :

» L'ammoniaque liquide la sépare en deux parties : une soluble, qui est du quintisulfure d'arsenic, l'autre insoluble, qui n'est que du soufre ordinaire. Toutefois on verra plus loin, d'après l'action du sulfure de carbone, que le soufre ordinaire ne préexiste pas, du moins en totalité, dans cette matière.

» La chaleur lui fait éprouver une décomposition analogue.

» Lorsqu'on la distille dans une cornue de grès, on obtient d'abord du soufre, puis du soufre chargé d'arsenic, et le résidu de la cornue est du quintisulfure d'arsenic S^5As; mais ce dernier lui-même n'est pas stable.

» Si l'on continue la distillation de ce résidu, on obtient de nouveaux produits : le quintisulfure, sous l'influence de la chaleur, se dédouble en trisulfure et en soufre

$$S^5As = S^3As + S^2.$$

» Le trisulfure reste dans la cornue et peut être distillé à la fin sans décomposition. Quant au soufre qui a passé d'abord, c'est surtout du soufre arsenical.

» Le corps obtenu dans ces deux expériences, et que je désigne sous le nom de *soufre arsénical*, est semblable au produit primitif, qui avait été préparé directement par l'action du soufre en excès sur l'arsenic.

» 3. L'action du sulfure de carbone sur cette matière présente des particularités curieuses. Elle abandonne d'abord tout le soufre ordinaire qu'elle contient, et la liqueur se colore; mais, après trois ou quatre traitements, elle cesse de se colorer. Cependant le sulfure de carbone n'a pas encore épuisé son action, mais il n'agit plus comme au début de l'expérience. A chaque traitement nouveau il enlève un peu de soufre, mais il

ne s'en sature plus. Il y a évidemment altération du produit par le dissolvant. Il en résulte que sa teneur en soufre peut varier énormément suivant la durée des lavages, et que, s'il a une composition définie, on ne peut la déterminer. Toutefois la quantité de soufre qu'il contient est encore très-considérable.

» Une masse préparée avec 50 grammes de soufre et 10 grammes d'arsenic, conservée pendant quatorze mois et traitée par le sulfure de carbone, a donné, pour 1 gramme de matière, $4^{gr},87$ de sulfate de baryte, correspondant à 66,80 pour 100 de soufre; ce qui donne en équivalents le rapport de 1 d'arsenic pour 9,27 équivalents de soufre.

» Une substance transparente obtenue dans les premiers produits de la distillation du quintisulfure d'arsenic, épuisée par le sulfure de carbone, a donné, pour 1 gramme de matière, $5^{gr},09$ de sulfate de baryte, représentant 69,82 de soufre pour 100, ce qui donne le rapport en équivalents de 1 à 10,51.

» 1 gramme d'une matière obtenue avec 50 grammes de soufre et 10 d'arsenic, et encore élastique, après trois traitements par quatre fois son poids de sulfure de carbone et contact de trois semaines avec la dernière portion de dissolvant, a donné $5^{gr},17$ de sulfate de baryte, correspondant à $70^{gr},90$ pour 100 de soufre et au rapport en équivalents de 1 à 11,41.

» Dans d'autres échantillons, la quantité de soufre trouvée allait jusqu'à 27 équivalents.

» 4. En présence de ces résultats, on peut se demander si cette matière est une combinaison ou simplement un mélange.

» Si c'est une combinaison, il est évident que les éléments qui la constituent sont réunis par des forces très-faibles et qu'ils conservent une grande tendance à se dissocier.

» Si c'est un mélange, on peut supposer, d'après les faits cités, qu'il résulterait de la réunion du quintisulfure d'arsenic avec un état allotropique du soufre insoluble dans le sulfure de carbone. L'existence d'un pareil mélange n'aurait rien que de très-admissible; car déjà, en 1851, nous avons, Fordos et moi, constaté la formation d'un mélange analogue, qui avait été considéré longtemps comme un sulfure d'azote particulier.

» Les expériences qui précèdent n'étant pas suffisantes pour trancher la question, j'en ai institué de nouvelles qui me paraissaient devoir être concluantes.

» On sait que les variétés de soufre, insolubles dans le sulfure de carbone, reviennent à l'état de soufre ordinaire lorsqu'on les maintient pen-

dant quelques heures à la température de 100 degrés. Cette expérience, répétée avec le produit arsénical, n'a donné aucun résultat.

» D'un autre côté, M. Berthelot a fait voir que les soufres insolubles dans le sulfure de carbone sont transformés en soufre ordinaire par leur contact avec l'hydrogène sulfuré. Le produit arsénical a encore résisté à cette épreuve.

» Si donc on persistait à le considérer comme un mélange, il faudrait admettre que la présence du quintisulfure d'arsenic communique au soufre modifié une stabilité que les soufres insolubles, préparés par toute autre voie, sont loin de présenter.

» Si, au contraire, la constance de certains résultats, la coïncidence qui ramène constamment, dans des expériences très-différentes, des nombres très-voisins les uns des autres, font croire à une combinaison, dans ce cas, il faudrait représenter cette combinaison par une formule inusitée, probablement $S^{10}As$; mais ce ne serait pas un obstacle, car ces combinaisons compliquées, qui pouvaient paraître étranges, il y a vingt ans, deviennent beaucoup plus facilement admissibles avec les idées modernes, puisque rien ne s'opposerait à ce que celle-ci soit considérée comme constituant un quintisulfure d'arsenic dans lequel la molécule de soufre serait formée par la condensation de 2 équivalents de soufre ordinaire.

» 5. En résumé, si on laisse de côté ce dernier corps, sur la nature duquel il peut rester quelques doutes, pour ne considérer que les produits de sa destruction, on voit que, dans les deux cas indiqués, l'action du soufre sur l'arsenic ne présente aucune complication, puisqu'elle forme dans un cas du bisulfure, dans l'autre du quintisulfure.

» 6. Il me reste à parler maintenant de ce qui se produit lorsque le soufre et l'arsenic agissent l'un sur l'autre dans les limites de poids indiquées par ses deux composés extrêmes. Dans ce cas, on obtient, suivant les quantités, des mélanges de bi, de tri et de quintisulfure d'arsenic, le trisulfure pouvant se former directement ou résulter de la décomposition du quintisulfure.

» Ces mélanges sont doués, suivant les proportions des composants, de colorations diverses, toujours très-belles, et c'est parmi ces mélanges qu'il faut placer tous les produits, fabriqués à l'étranger, que nous offre le commerce sous les noms de *réalgar* et d'*orpiment artificiels*, d'*orpin de Saxe* et de *rubis d'arsenic*.

» La place dont je puis disposer ne me permet pas de donner ici, même sommairement, le résumé des expériences que j'ai faites sur la composition

de ces différentes matières. On trouvera tous ces détails dans le Mémoire complet. Il me suffira de dire que les faits que je publie aujourd'hui sont déjà sortis du laboratoire pour entrer dans l'industrie. Ils ont permis de fabriquer en France, en 1872, environ 100 000 kilogrammes d'un orpin ou réalgar artificiel qui ne le cède en rien aux plus beaux produits de la fabrication allemande. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du gaz chlorhydrique sur les ammoniaques composées*. Note de M. **Ch. Lauth**, présentée par M. Wurtz.

« La matière colorante connue sous le nom de *violet de Paris* se produit dans l'action de certains agents oxydants sur la méthyl- et la diméthylaniline; on prépare ces bases en chauffant le chlorhydrate d'aniline avec de l'esprit de bois.

» Dans le *Neues Handwörterbuch der Chemie*, p. 632, M. A.-W. Hofmann a annoncé que la méthylaniline ainsi produite renferme de la méthyltoluidine, et que le violet de Paris résulte de l'oxydation de ce mélange de méthylaniline et de méthyltoluidine, de même que la fuchsine résulte de l'oxydation de l'aniline et de la toluidine. Cette assertion se trouve également mentionnée dans le *Traité des dérivés du goudron*, de MM. Girard et de Laire. Depuis M. Hofmann a apporté, à l'appui de son opinion, des expériences faites en commun avec M. Martius et desquelles il résulte qu'à une température élevée la méthylaniline se convertit en toluidine.

» Cette manière de voir est en contradiction avec ce fait, qu'on obtient, en oxydant les méthylanilines, une proportion de violet d'autant plus grande que l'aniline employée est plus pure et que le violet de Paris se produit également avec la méthylaniline préparée par l'action de l'iodure de méthyle sur l'aniline, à une température beaucoup plus basse que celle qui a été indiquée par M. Hofmann comme nécessaire pour l'introduction du méthyle dans le phényle.

» Il m'a donc paru utile d'entreprendre de nouvelles expériences pour démontrer que les méthylanilines employées dans la fabrication du violet de Paris ne renferment ni toluidine ni méthyltoluidine. On ne peut arriver à cette démonstration par la méthode des distillations fractionnées, ces bases ayant des points d'ébullition trop voisins, ni par celle des cristallisations, les sels étant incristallisables. Le procédé suivant me paraît digne de quelque intérêt, parce qu'il est susceptible d'une certaine généralisation.

» On fait passer un courant d'acide chlorhydrique sec dans la méthylaniline maintenue à une douce ébullition; en recueillant les gaz formés pendant la réaction, on constate, après avoir absorbé l'acide chlorhydrique, la présence d'un gaz insoluble dans l'eau salée, un peu soluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool : il possède une odeur éthérée agréable et brûle avec une flamme verte en donnant naissance à de l'acide chlorhydrique; ces propriétés sont caractéristiques du chlorure de méthyle. En opérant sur 50 grammes de méthylaniline, on recueille en deux ou trois heures plus de 30 litres de ce gaz; l'opération, pour être poussée à bout, doit être prolongée pendant deux jours environ.

» Le produit qui reste dans le ballon ne tarde pas à se prendre par refroidissement en une masse dure cristalline; dissous dans l'eau bouillante et soumis à des cristallisations fractionnées, il donne de magnifiques cristaux qui se sont trouvés identiques pour toutes les cristallisations; les dernières eaux mères, épaisses, renferment presque toujours un peu de chlorhydrate de méthylaniline non décomposé. Les cristaux traités par la soude mettent en liberté une huile qui n'est autre que de l'aniline bouillant jusqu'à la dernière goutte à 182 degrés et dont la pureté a été constatée par un grand nombre de réactions.

» La réaction principale est donc la suivante :

$$C^6H^5CH^3HAz + 2HCl = C^6H^7AzHCl + CH^3Cl;$$

elle est inverse de celle qui a donné naissance à la méthylaniline et trouve son explication dans les conditions spéciales de l'expérience.

» L'aniline, ainsi régénérée de la méthylaniline, ne contient pas de toluidine; mais, pour affirmer que la méthylaniline dont on est parti ne renferme pas de méthyltoluidine, il reste à démontrer que, soumise au même traitement, cette base

$$Az\left\{\begin{array}{l}C^6H^4CH^3\\CH^3\\H\end{array}\right.$$

ne perd que le groupe méthyle fixé à l'azote pour régénérer la toluidine, suivant l'équation

$$Az\left\{\begin{array}{l}C^6H^4CH^3\\CH^3\\H\end{array}\right. + HCl = Az\left\{\begin{array}{l}C^6H^4CH^3\\H\\H\end{array}\right. + CH^3Cl,$$

et qu'elle ne peut être transformée en aniline. C'est ce qu'a démontré l'expérience : la méthyltoluidine, chauffée dans un courant de gaz chlorhy-

drique, donne du chlorure de méthyle et de la toluidine, sans traces d'aniline. Ces expériences prouvent donc que la méthylaniline employée pour la fabrication du violet de Paris ne renferme ni toluidine, ni méthyltoluidine, et que, contrairement à l'opinion de M. Hofmann, la production de cette matière colorante n'exige pas l'intervention simultanée de méthylaniline et de méthyltoluidine.

» L'action exercée par l'acide chlorhydrique sur ces amines secondaires, dérivées de l'aniline et de la toluidine, montre que le groupe phényle C^6H^5 et ses homologues sont beaucoup plus intimement unis à l'azote que les groupes alcooliques de la série grasse; l'acide chlorhydrique en effet enlève le méthyle à la méthylaniline, sans pouvoir en détacher le phényle, de manière à revenir à l'ammoniaque. Si au contraire il n'y a de fixé à l'azote que des groupes alcooliques de la série grasse, simples comme le méthyle CH^3, ou substitués comme le benzyle $CH^2C^6H^5$, on peut les enlever entièrement à l'azote et reformer de l'ammoniaque. M. Limpricht a déjà constaté que la tribenzylamine se transforme sous l'influence de l'acide chlorhydrique en di- et en monobenzylamine; en poursuivant l'action, j'ai pu enlever les trois groupes benzyle et reformer du chlorhydrate d'ammoniaque, suivant l'équation

$$\underbrace{Az\left\{\begin{matrix}CH^2C^6H^5\\CH^2C^6H^5\\CH^2C^6H^5\end{matrix}\right.}_{\text{Tribenzylamine.}} + 4HCl = 3\underbrace{(C^6H^5CH^2Cl)}_{\text{Chlorure de benzyle.}} + \underbrace{AzH^4Cl}_{\text{Sel ammoniac.}}$$

La toluidine n'étant pas attaquée par le gaz chlorhydrique et renfermant le groupe crésyle $C^7H^7 = C^6H^4CH^3$, isomère du benzyle $C^6H^5CH^2$, cette expérience prouve, une fois de plus, la solidité relative, pour ainsi dire, des combinaisons phénylées.

» L'action de l'acide chlorhydrique sur les bases me paraît être d'une application générale, car elle permettra d'y reconnaître la présence des groupes alcooliques de la série grasse simple ou substituée, et de déterminer la nature de quelques isoméries; c'est ainsi que la base $(C^7H^7)^3Az$ obtenue par M. Cannizzaro, en traitant la toluidine par le chlorure de benzyle, fournit de la toluidine et du chlorure de benzyle, tandis que son isomère la tribenzylamine, donne du sel ammoniac, ainsi que je l'ai trouvé. De même, ce procédé pourra être utilisé pour distinguer l'une de l'autre des bases isomériques, comme la triméthylamine et la propylamine, alors qu'on n'en aura que de petites quantités; car 60 centigrammes de trimé-

thylamine, par exemple, donneront 1 litre environ de chlorure de méthyle.

» Il ne serait pas sans intérêt de répéter ces expériences sur les alcaloïdes naturels, dont la constitution pourra peut-être ainsi être élucidée; déjà MM. Matthiessen, Wright et Foster ont étudié l'action de l'acide chlorhydrique sur la codéine et la narcotine, et ont constaté dans ces bases la présence du méthyle; il est probable que l'action serait plus complète si l'on opérait dans un courant de gaz, comme dans les expériences que je viens de relater. »

PHYSIQUE. — *Modification du saccharimètre optique.* Note de M. **Prazmowski**, présentée par M. Jamin.

« Le saccharimètre de Soleil, si bien conçu par son ingénieux auteur, avec sa plaque à deux rotations, son compensateur et son reproducteur de la teinte sensible, ne paraissait rien laisser à désirer. Pourtant on sait que la précision de ses indications dépend de l'exacte appréciation de l'uniformité de teinte des deux moitiés du champ, et que, si certains observateurs peuvent apprécier les plus légères différences de teintes, il en est un plus grand nombre qui ne parviennent souvent qu'à des approximations assez grossières. Il faut sans doute attribuer cette difficulté à un daltonisme partiel, qui rend l'œil impropre à différencier les nuances d'une même couleur. Il ressort de ces considérations qu'un saccharimètre qui n'exigerait pas une telle perfection des organes visuels rendrait de très-grands services; il en serait ainsi, par exemple, s'il s'agissait simplement de saisir une différence assez faible entre deux intensités lumineuses.

» M. Frellett a donc réalisé un très-grand progrès en substituant au polariseur de Soleil un rhomboèdre de spath, scié suivant sa section principale, dont les deux moitiés sont ensuite rapprochées et collées après suppression sur chacune d'elles d'un prisme dont l'angle est d'environ 2 degrés. Dans cette combinaison, les directions des sections principales sont inclinées l'une sur l'autre d'à peu près 4 degrés. Un parallélépipède ainsi constitué, employé comme polariseur, fournit un champ dont les deux moitiés passent alternativement par l'obscurité pour deux positions de l'analyseur comprenant entre elles un angle égal à celui des sections principales du rhomboèdre.

» M. Cornu a proposé de substituer au rhomboèdre de spath un prisme de Nicol, taillé de la même manière; avec cette disposition, le champ n'est

éclairé que par le rayon extraordinaire, ce qui supprime les reflets toujours difficiles à éviter, même avec des diaphragmes bien disposés. Mais la construction du polariseur de M. Cornu est très-délicate, en raison de la double section qu'il est nécessaire d'exécuter dans le rhomboèdre de spath pour constituer d'abord le Nicol, et pour obtenir ensuite l'inclinaison des sections principales l'une sur l'autre.

» J'ai pensé arriver bien plus simplement aux mêmes résultats, en associant à un analyseur quelconque (prisme de Nicol ou réfringent) une lame épaisse de spath taillée parallèlement à son axe, sciée par le milieu suivant l'axe, et dont les deux moitiés sont ensuite recollées, après qu'un petit angle de 2 degrés environ a été enlevé sur chacune d'elles. Ce nouveau polariseur se compose donc d'un prisme de Nicol ou biréfringent, et de cette biplaque de spath dont je place la face de séparation dans la section principale du prisme.

» Il semble que le saccharimètre doive maintenant se trouver réduit à une simplicité extrême. Malheureusement la dispersion rotatoire du sucre nécessite l'emploi de la lumière monochromatique, car sans cela les deux moitiés du champ d'observation sont différemment colorées.

» J'ai fait plusieurs tentatives pour obtenir une lumière parfaitement monochromatique suffisamment intense, mais je n'y suis pas parvenu, et de plus j'ai reconnu que la sensibilité de mon polariseur rendait un succès complet à peu près impossible. En effet, analysant avec un prisme très-dispersif une flamme obscure de gaz entièrement brûlé et rendue éclairante par un sel de soude, j'ai pu constater que, si l'intensité des rayons jaunes était suffisante pour les observations, ces rayons se trouvaient accompagnés d'une très-forte proportion de rayons bleus qui nuisent considérablement à l'exactitude des mesures saccharimétriques, dans la partie la plus importante de l'échelle, c'est-à-dire vers le point 100 degrés. J'ai pu m'assurer ainsi que vers le zéro la sensibilité de l'instrument permet d'observer une rotation de 1 ou 2 minutes imprimée à l'analyseur, mais que cette sensibilité est considérablement diminuée lorsqu'on interpose sur le trajet des rayons lumineux une substance possédant, comme le quartz ou le sucre, un très-grand pouvoir rotatoire.

» J'ai réussi à me rendre indépendant de l'imperfection de l'éclairage en achromatisant la dispersion rotatoire de la colonne sucrée par une épaisseur équivalente de quartz, et j'ai utilisé de nouveau l'ingénieux compensateur de rotation de Soleil. J'ai donc conservé les coins de quartz formant une plaque perpendiculaire à l'axe d'épaisseur variable, et j'ai reconnu

que cette compensation rendait le saccharimètre également parfait dans tous les points de son échelle. De plus, les observations peuvent alors être exécutées indifféremment avec la lumière jaune ou avec la lumière blanche; leur précision n'est aucunement altérée, et c'est un immense avantage.

» Je pense donc que les modifications proposées seront rapidement adoptées par la pratique, et d'autant plus facilement que les anciens saccharimètres pourront être transformés sans difficultés; car il suffit : 1° de substituer la biplaque de spath à la plaque à deux rotations de Soleil; 2° de supprimer le reproducteur de la teinte sensible. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'action de l'oxygène dissous dans l'eau sur les réducteurs;* Note de MM. **P. Schützenberger** et **Ch. Risler**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Dans une Communication antérieure, nous avons fait ressortir le fait singulier, qu'une solution d'hydrosulfite de soude, titrée au moyen du sulfate de cuivre ammoniacal, décolore l'eau aérée, teintée par du carmin d'indigo, au moment où l'on en a ajouté un volume correspondant non à la totalité, mais à la moitié juste de l'oxygène réellement dissous et accusé par la pompe ou l'ébullition. D'un autre côté, comme le liquide ainsi décoloré à point se recolore en bleu sous l'influence de la *moindre trace* d'oxygène libre, et ne fournit à l'ébullition dans la pompe à mercure qu'un mélange d'azote et d'acide carbonique, sans traces appréciables d'oxygène, sachant en outre que l'hydrosulfite agité avec de l'air absorbe les 21 pour 100 d'oxygène contenus dans ce mélange gazeux, nous étions fondés à admettre que l'eau aérée, additionnée d'hydrosulfite jusqu'à décoloration de l'indigo, ne renferme plus d'oxygène libre et équivaut sous ce rapport à l'eau bouillie. Aussi avions-nous supposé que la différence signalée était due à la nature des produits d'oxydation formés aux dépens de l'hydrosulfite par l'oxygène libre d'une part, et par l'oxygène de l'oxyde cuivrique ammoniacal de l'autre.

» Des recherches directes n'ont pas confirmé cette hypothèse; dans les deux cas l'hydrosulfite est converti en bisulfite, par fixation de 1 atome d'oxygène $S(HO)(NaO) + O = SO(HO)(NaO)$.

» Si à de l'eau aérée on ajoute un excès d'une solution incolore de chlorure cuivreux ammoniacal, le liquide bleuit et, en titrant par l'hydrosulfite la dose d'oxyde cuivrique qui s'est formé, on trouve très-nettement

qu'elle correspond à la moitié de l'oxygène dissous dans l'eau (1). Cette expérience écarte complétement l'hypothèse précédente, puisque nous arrivons à doser l'oxygène dissous qui a agi sur le réducteur, dans les conditions mêmes qui ont servi au titrage.

» Il résulte d'expériences variées, dont nous publierons prochainement les détails, que certains réducteurs, notamment l'hydrosulfite de soude et l'oxyde cuivreux ammoniacal, mis en présence, à froid et en excès, de l'oxygène dissous dans l'eau, déterminent un partage de cet oxygène en deux parties égales, dont l'une se porte sur le réducteur et le fait passer à un degré supérieur d'oxydation (sulfite, oxyde cuivrique), et dont l'autre reste dissimulée dans le liquide. Le stannite de soude, au contraire, enlève la totalité de l'oxygène dissous. Nous n'avons pu démontrer directement, au moyen de l'acide chromique et de l'éther, la formation d'eau oxygénée dans nos expériences, les sulfites produits s'opposant à la réaction caractéristique; mais nous avons tout lieu de croire, par suite de réactions indirectes, que la moitié de l'oxygène dissimulé et n'agissant pas sur le réducteur s'est portée sur l'eau. Ces résultats confirment quantitativement, d'une manière nette et remarquable, les expériences de Schœnbein sur la production d'eau oxygénée dans les phénomènes de réduction. L'oxygène ainsi dissimulé peut être remis en évidence et même dosé d'une foule de manières. Ainsi de l'eau aérée et fortement colorée par du carmin d'indigo, étant décolorée exactement par de l'hydrosulfite, reprend assez rapidement une teinte bleu foncé, si on la chauffe vers 40 degrés. Cet effet se produit même à froid, mais beaucoup plus lentement. Si l'on décolore une seconde fois, le même phénomène se reproduit et peut être renouvelé jusqu'au moment où l'on aura ajouté un volume d'hydrosulfite égal à celui qui était nécessaire pour décolorer à froid le même volume d'eau aérée. Une solution très-étendue d'eau oxygénée produit des phénomènes analogues.

» Cette observation nous a conduits à modifier avantageusement le procédé de titrage, de manière à obtenir la totalité de l'oxygène dissous. On introduit dans l'appareil à titrage, décrit précédemment, 250 centimètres cubes d'eau tiède (50 à 60 degrés), 100 centimètres cubes d'une solution titrée de carmin d'indigo, valant $0^{cc},03$, par exemple, d'oxygène par centimètre cube; on décolore, sans retour au bleu, par l'hydrosulfite, puis on laisse arriver 100 centimètres cubes d'eau aérée. On voit

(1) Toutes nos expériences ont été faites dans des atmosphères d'hydrogène *pur*.

le liquide bleuir plus ou moins fortement suivant la dose d'oxygène; on attend une ou deux minutes, puis on décolore une seconde fois, en notant le volume d'hydrosulfite employé qui donne directement la totalité de l'oxygène. Pour le dosage de l'oxygène du sang, on opère de même, en ajoutant au début 50 centimètres cubes d'eau de kaolin à 10 pour 100.

» Dans nos premières expériences sur le dosage de l'oxygène dans le sang, nous étendions le liquide de 100 fois son volume d'eau de fontaine désoxygénée à l'hydrosulfite, et nous avions trouvé un excès très-notable d'oxygène comparé à celui que donne la pompe. Ne pouvant supposer, d'après ce qui a été dit plus haut, qu'un réducteur aussi puissant que l'hydrosulfite laisse, sans se l'approprier, la moitié de l'oxygène dissous dans l'eau, nous avions naturellement attribué cet excès au sang. En face de la stabilité si inattendue de l'eau oxygénée en présence d'un réducteur énergique, et sachant par les faits acquis que le sang décompose l'eau oxygénée, nous avons dû reprendre ces expériences. Il résulte de nos travaux que l'excès d'oxygène trouvé d'abord doit être partiellement mis au compte de l'eau oxygénée, formée sous l'influence de l'hydrosulfite. En opérant comme il est dit plus haut, avec de l'eau bouillie, on avec de l'eau complétement désoxygénée, on trouve que le sang de bœuf saturé d'oxygène renferme de 24 à 28 pour 100 d'oxygène, soit 5 à 9 pour 100 de plus que n'en accuse la pompe. »

BOTANIQUE. — *Nouvelle classification des Algues d'eau douce du genre* Batrachospermum; *développement; générations alternantes;* Note de M. **Sirodot**.

« Les Algues d'eau douce qui sont réunies dans le genre *Batrachospermum* ont depuis longtemps fixé l'attention des algologues. Les espèces assez nombreuses admises dans le *Species Algarum* de M. Kutzing, qui a été publié en 1849, sont réduites à deux dans une publication plus récente de M. Rabenhorst (*Flora europæa Algarum aquæ dulcis et submarinæ*), dont le dernier fascicule, comprenant le genre *Batrachospermum*, parut en 1868. M. Rabenhorst, voulant justifier sans doute cette réduction des espèces, considère ces Algues comme essentiellement polymorphes.

« Nulla species, *dit-il après l'énumération des caractères du B. moniliforme*, satius et » evidentius quam hæcce ostendit quomodo formæ innumeræ in unam typicam confluunt, » nullo modo limitandæ sunt, quare paucas insignes tantum enumerabo. »

» Il était intéressant de chercher si ce polymorphisme n'est pas plus apparent que réel, et, dans l'un ou l'autre cas, d'en préciser les limites.

» Les Batrachospermes sont des Algues rameuses dont tous les axes présentent des verticilles de ramuscules fasciculés, donnant à toute la ramification un aspect moniliforme. Chaque axe n'est d'abord constitué que par une série unique de cellules, primitivement discoïdales, finalement cylindriques, de longueur variable d'une forme à l'autre. C'est au sommet de chacune de ces cellules que se développe un verticille de ramuscules fasciculés sur quatre, cinq ou six cellules basilaires.

» Dans chaque verticille, sur la face inférieure de chacune des cellules basilaires des faisceaux de ramuscules, se développent, de haut en bas, des filaments articulés, étroitement appliqués contre l'axe primitif, qu'ils entourent d'une enveloppe continue. Ces filaments descendants se multiplient, se recouvrent, forment une enveloppe corticale, parfois fort épaisse, autour de l'axe primitif. De là résulte, pour la tige principale et les rameaux de divers ordres, une structure polysiphoniée.

» Les filaments corticaux émettent fréquemment, surtout dans la moitié inférieure de la ramification, des ramuscules semblables à ceux qui entrent dans la composition d'un verticille, et dirigés perpendiculairement à l'axe; ils ont reçu le nom de *ramuscules accessoires*. Ces ramuscules accessoires sont-ils nuls ou rares, les verticilles sont distincts; mais, s'ils couvrent tout l'espace compris entre deux verticilles, alors ces verticilles s'effacent, la tige principale et les rameaux deviennent continus et cylindriques. Cet effacement des verticilles a été considéré comme un des caractères les plus marqués du *B. vagum* (Rhot), *B. turfosum* (Bory). Cette continuité n'est pas moins accusée chez d'autres types qui constituent des espèces parfaitement distinctes.

» Les Batrachospermes se reproduisent par des spores issues du concours d'organes sexuels (mâle et femelle). C'est à M. Solms-Laubach que revient l'honneur de leur découverte; ses observations ont été vérifiées par MM. Bornet et Thuret. C'est sur la forme et la position de l'organe femelle de la fécondation (*trichogyne*) et sur la disposition des organes mâles (*anthéridies*) que repose essentiellement ma nouvelle délimitation des espèces.

» Les organes de la fécondation apparaissent normalement dans la ramification fasciculée des verticilles, exceptionnellement sur les ramuscules accessoires, lorsqu'ils sont nombreux. L'organe femelle est primitivement une longue cellule, offrant à la base un étranglement qui la divise en deux

parties inégales : l'une inférieure, la plus petite, de forme constante; l'autre supérieure, plus grande, de forme variable. Dans tout un groupe, l'étranglement est assez étendu pour donner à la partie supérieure une disposition pédicellée sur l'inférieure; alors l'organe femelle offre une analogie frappante avec un *pistil* dont l'ovaire aurait des dimensions fort réduites si on les compare à celles du stigmate. Mais ici la région ovarienne, au lieu de renfermer des ovules, bourgeonne et produit des faisceaux de *ramuscules corymbiformes* aux sommets desquels les spores sont *terminales;* la *région stigmatique* est le *trichogyne* de MM. Thuret et Bornet; cependant la forme de cet organe s'éloigne singulièrement de la disposition longuement et étroitement capillaire qu'on observe chez les Floridées.

» Si, dans les Phanérogames, des différences accentuées dans la forme du stigmate sont généralement considérées comme d'excellents caractères génériques, il me sera permis de fonder, sur des différences analogues du trichogyne, la division du genre en *quatre sections*.

» Dans la première, qui comprend le plus grand nombre des variétés admises par M. Kützing (*loc. cit.*) et M. Rabenhorst (*loc. cit.*) dans le *Batrachospermum moniliforme*, le trichogyne, renflé d'une façon sensiblement irrégulière de la base au sommet, acquiert son plus grand diamètre aux trois quarts environ de sa hauteur; il est alors *claviforme;* mais si, dans cet état, il n'est pas fécondé, la partie supérieure, plus étroite, s'allonge en restant cylindrique, et il devient *lagéniforme*. Entre ces deux formes extrêmes, tous les intermédiaires peuvent s'observer.

» La seconde section a pour type le *Batrachospermum vagum* (Roth), mais ne groupe qu'une partie des variétés admises par M. Rabenhorst. Le trichogyne est allongé, *très-régulièrement tronconique,* avec la grande base terminale remplacée par une demi-sphère.

» Dans la troisième section, sont comprises ces formes extrêmement muqueuses qui avaient frappé l'attention de Bory de Saint-Vincent, et qu'il avait réunies en une espèce, sous le nom de *Batrachospermum helminthosum*. Ici le trichogyne n'est séparé de la portion basilaire de l'organe femelle que par un étroit resserrement; sa forme est *ovoïde*, avec le *gros* bout inférieur. Cette disposition de l'organe femelle sépare ce groupe des variétés du *Batrachospermum moniliforme*, parmi lesquelles il a été compris.

» Enfin la quatrième section se compose de Batrachospermes de petites dimensions, de couleur verte, chez lesquels le trichogyne *cylindrique* est séparé de la partie inférieure de l'organe femelle par un assez long étranglement, qui lui donne une disposition *pédicellée*. Les espèces parfaitement

distinctes de ce groupe sont encore considérées comme des variations du *Batrachospermum moniliforme.*

» Les limites de ces quatre sections ont une netteté qui exclut toute hésitation pour y rapporter les échantillons recueillis; j'ajouterai même qu'aujourd'hui, pour ce premier classement, l'observation microscopique du trichogyne ne m'est plus nécessaire : l'examen de caractères visibles à l'œil nu ou aidé de la loupe suffit amplement.

» Pour faire entrer ces quatre sections dans le vocabulaire de la Botanique, je propose les dénominations suivantes : *Moniliformia*, pour la première; *Turfosa*, pour la seconde; *Helminthosa*, pour la troisième; et *Virescentia*, pour la quatrième.

» La plus riche en espèces est la première, celle des *Moniliformia;* leur détermination serait assez laborieuse si je ne faisais ressortir l'importance de caractères mal appréciés jusqu'à ce jour et qui permettent de subdiviser la section.

» Les verticilles sont tantôt très-apparents, tantôt à peine distincts, même à la loupe. Dans ce dernier cas, les ramuscules fasciculés constituant les verticilles sont réduits à quatre ou cinq courtes cellules; la ramification devient tout à fait capillaire et il en résulte une subdivision bien caractérisée, comprenant le *B. tenuissimum* (Bory) et le *B. Dilleni* (Bory).

» Les verticilles sont-ils très-apparents, leur forme peut être globuleuse ou discoïde. Avec la forme discoïde, les verticilles sont très-rapprochés et la base de la ramification est continue par multiplication des ramuscules accessoires; je réunis en une espèce unique les formes qui se rapportent à ce type. Dans les espèces à verticilles globuleux, la couche corticale enveloppant les axes prend une épaisseur et une consistance variables, dont voici la conséquence. Lorsqu'elle n'est formée que par une ou deux couches de filaments descendants, les ramuscules accessoires sont rares et les verticilles toujours distincts sur toute l'étendue de la ramification; de plus cette ramification, sans consistance, se détruit rapidement : à la fin de la période de végétation, il n'en reste plus de traces. A cette subdivision appartiennent les *vrais moniliformes;* mais, si la couche corticale est épaisse, les ramuscules accessoires sont tellement nombreux que la position primitive des verticilles devient difficile à constater; les axes primaires et secondaires acquièrent une structure cornée, persistent après la chute des parties supérieures de la ramification, et, l'année suivante, se couvrent de jeunes rameaux. Je caractérise ce type par l'expression de *prolifère.*

» Quinze espèces environ seront distribuées dans ces divisions et subdi-

visions du genre. Les caractères spécifiques reposent essentiellement sur la position des *anthéridies* et des *glomérules sporifères*.

» Je résume dans un tableau dichotomique les principes de la classification précédente.

Trichogyne	Sections				Sous-sections	
claviforme ou lagéniforme	*Moniliformia*. Verticilles	très-apparents, de forme	globuleuse, axes primaires de la ramification	caduques.	*Eumoniliformia*.	3 ou 4 esp. monoïques.
				persistants.	*M. prolifera*...	1 esp. monoïque.
			discoïde.........................		*M. discoïdea*..	1 esp. monoïque.
		presque invisibles.........................			*M. capillacea*.	2 esp. dioïques.
régulièrement tronconique	*Turfosa*..					2 esp. monoïques.
ovoïde ou ellipsoïdal	*Helminthosa*..					3 esp. { 1 monoïque, 1 dioïque, 1 polygame.
cylindrique et pédicellé	*Virescentia*..					3 esp. { 2 dioïque, 1 monoïque; une 4e dout^se.

» Dans ce genre, l'étude du développement est des plus intéressantes; elle fait connaître un exemple fort remarquable de générations alternantes, que j'aurai l'honneur de présenter prochainement à l'Académie. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les gelées printanières et les gelées hivernales;* Note de M. **Martha-Beker.**

« J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie quelques observations sur les gelées printanières, à l'occasion de celle qui vient de sévir sur la France les 26 et 27 avril dernier.

» Il y a deux causes de gelées printanières : l'une, la plus ordinaire, appelée *gelée blanche*, est due au rayonnement vers les espaces célestes; l'autre, plus rare, est amenée par des courants polaires. La première, la gelée blanche, provient de la congélation de la rosée. On sait que la rosée n'est autre chose que l'humidité atmosphérique qui se condense et se dépose sur les végétaux, par les nuits fraîches et sereines, et que cette condensation se fait aux dépens du calorique des plantes, qui se refroidissent par l'effet du rayonnement vers un ciel pur et froid. Si le thermomètre continue à descendre de zéro à deux degrés plus bas, la rosée se congèle, et les bourgeons rudimentaires, encore si tendres aux premiers jours de printemps, sont plus ou moins altérés. Un nuage, de la fumée, le moindre abri suffisent pour empêcher ou diminuer le rayonnement. Les chaleurs précoces doivent faire redouter la gelée, en activant trop la végétation et

en amenant des orages qui, à cette époque de l'année, peuvent refroidir assez l'atmosphère pour attirer un désastre sur les récoltes. Les gelées blanches sévissent spécialement sur les plaines horizontales et basses, parce que celles-ci offrent toute leur surface directement au ciel, tandis que les coteaux ne présentent que la projection de cette surface, projection réduite en raison de la pente. De plus, les plaines basses étant en général plus humide que les coteaux, il s'y joint un effet plus grand de vaporisation qui augmente l'intensité du refroidissement.

» Il n'en est pas de même de la seconde espèce de gelées, celle qui frappe les hauteurs comme les plaines, et même davantage; il s'agit ici de courants polaires, provoqués par des courants équatoriaux trop actifs. Ces derniers, lorsqu'ils ont régné longtemps avec une intensité anomale, hors de proportion avec la saison, c'est-à-dire avec la hauteur du Soleil, dilatent considérablement les couches d'air de nos climats tempérés. L'équilibre se rompt lorsque cette force d'expansion s'affaiblit et devient moindre que la tension atmosphérique des latitudes élevées. L'air froid et dense des régions boréales se précipite alors, comme une masse d'eau dont la digue est rompue, au sein de notre atmosphère dilatée, et tout est saisi par un froid pénétrant, de 3 à 4 degrés au-dessous de zéro, qui atteint vignes, noyers, arbres fruitiers, légumes, seigles, toutes les plantes précoces en un mot. Comme ce courant polaire court à travers notre atmosphère, à l'instar d'un fleuve démesurément grossi, il glace les flancs des coteaux plus rudement encore que les sols bas, par-dessus lesquels il passe parfois sans y laisser de traces fâcheuses. C'est un courant polaire de ce genre qui vient de ravager la France, à la suite d'un hiver humide, attiédi par un courant équatorial.

» Nous ajouterons une observation relative à la température des hivers, dont la rigueur ou la douceur nous paraissent dépendre uniquement d'une question de sécheresse ou d'humidité de l'air, lequel peut être très-sec même à l'état brumeux. D'une part, il y a un fait de rayonnement, d'autant plus prononcé que le ciel est plus pur, plus dégagé, et qui peut être atténué par l'interposition de nuages; ce qui explique pourquoi, le même jour, à des distances peu considérables, le thermomètre accuse souvent des différences de froid de plus de 10 degrés. D'autre part, l'atmosphère absorbant d'autant plus de chaleur solaire qu'elle est plus humide, il est naturel que les hivers très-froids coïncident avec une extrême sécheresse de l'air, comme on l'a vu en 1870 et 1871. Ainsi, plus l'air est sec et pur, moins il absorbe de chaleur solaire et plus il se refroidit par rayonnement. Dans

ces circonstances, l'hiver est nécessairement rigoureux, et les dernières vapeurs d'eau en suspension se précipitent en flocons de neige, au début de chaque recrudescence de froid. C'est le manteau protecteur que la Providence a étendu au moment opportun sur la terre. »

M. **Chasles** fait hommage à l'Académie, de la part de M. le comte *Paul de Saint-Robert,* du second volume de ses « Mémoires scientifiques », qui se rapporte, comme le premier, aux questions mathématiques relatives à l'Artillerie, et particulièrement à la Balistique.

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à une place d'Académicien libre, laissée vacante par la démission de M. le comte *Jaubert,* donne lecture de la liste suivante, qui a été arrêtée par la Commission :

En première ligne. . . . . M. **de la Gournerie.**
En deuxième ligne. . . . . M. **Bréguet.**
En troisième ligne. . . . . M. **Jacqmin.**
En quatrième ligne. . . . . M. **du Moncel.**
En cinquième ligne. . . . . M. **Sédillot.**

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 5 mai 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Géodésie d'Éthiopie ou triangulation d'une partie de la haute Éthiopie, exécutée selon des méthodes nouvelles; par Ant. d'Abbadie, vérifiée et rédigée

par A. Radau; dernier fascicule. Paris, Gauthier-Villars, 1873; in-4°, avec planches.

Études sur les mœurs, le développement et les métamorphoses d'un petit poisson chinois du genre Macropode (Macropodus Paradisi, Nobis); *par* N. Joly. Montpellier, typ. Boehm et fils, 1873; br. in-8°.

Études sur les métamorphoses des Axolotls du Mexique (Siredon mexicanus, Shaw.). *Développement et rotation de leur embryon dans l'œuf; par* N. Joly. Montpellier, typ. Boehm et fils, 1872; br in-8°.

Études sur le prétendu crustacé au sujet duquel Latreille a créé le genre Prosopistoma, *et qui n'est autre chose qu'un véritable insecte hexapode; par* N. Joly *et* E. Joly. Sans lieu ni date; br. in-8°, avec une planche.

Statistique des volumes des équivalents chimiques et d'autres données relatives à leurs propriétés physiques, suivie d'un Mémoire sur quelques questions moléculaires; par G. West. Paris, G. Masson, 1873; in-4°.

De Venise à Constantinople à travers la Grèce, et retour par Malte, Messine, Pizzo et Naples; par le Vte Th. du Moncel. Paris, Delarue, Hocdé, Gide, sans date; album gr. in-f° oblong.

Le manoir de Tourlaville; par Th. du Moncel. Paris, Gihaut frères, sans date; album grand in-folio.

Étude du dessin de paysage d'après nature; par Th. du Moncel. Paris, Savary, Gide; album in-4° oblong.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Belles-Lettres et Arts d'Orléans; t. XV, nos 1 et 2, 1873, 1er et 2e trimestres. Orléans, imp. Puget et Cie; br. in-8°.

Ricerche sperimentali sulla solfatara di Pozzuoli; per S. de Lucca. Napoli, stamp. della R. Università, 1872; in-4°.

E. Diamilla-Muller. *Letture scientifiche per il popolo italiano;* Lettura IV : *Il polo artico*. Milano, Dumolard; Parigi, Gauthier-Villars, 1873; in-12.

Atti del reale Istituto veneto di Scienze, Lettere ed Arti dal novembre 1872 *all' ottobre* 1873; t. II, serie IV, disp. seconda, terza e quarta. Venezia, tip. Grimaldo, 1872-1873; 2 br. in-8°.

Experiments on the oxidation of Iron, with appendices, etc.; by F. Crace-Calvert. Manchester, J. Wilkinson, 1872; in-8°.

On protoplasmic Life and the action of heat and antiseptic upon it; by Dr F. Crace-Calvert. Manchester, W.-H. Clegg, 1873; br. in-8°.

L'Académie a reçu, dans la séance du 12 mai 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

La Seine. Études hydrologiques, régime de la pluie, des sources, des eaux courantes. Applications à l'agriculture; par M. BELGRAND. Paris, Dunod, 1872; 1 vol. grand in-8°, avec atlas in-4°.

Histoire naturelle des Coléoptères de France; par M. E. MULSANT; *Pectinipèdes, Altisides, Mollipennes, Longicornes.* Paris, Maison et Magnin Blanchard, 1856 à 1863; 4 vol. in-8° et grand in-8°.

Histoire naturelle des Coléoptères de France; par E. MULSANT *et* C. REY; *Angusticolles, Diversipalpes, Térédiles, Fossipèdes, Brévicolles, Colligères, Scuticolles, Vésiculifères, Floricoles, Gibbicolles, Piluliformes, Brévipennes, Aléochariens, Lamellicornes, Pectinicornes.* Paris, Magnin et Blanchard, Savy et Deyrolle, 1863 à 1871; 11 vol. in-8° et grand in-8°.

Monographie des Coccinellides; par E. MULSANT; 1re partie : *Coccinelliens.* Paris, F. Savy et Deyrolle, 1866; 1 vol. in-8°.

Histoire naturelle des Punaises de France; par E. MULSANT *et* C. REY. Paris, Savy et Deyrolle, 1865-1870; 3 vol. in-8°.

Souvenirs du Mont-Pilat et de ses environs; par E. MULSANT; t. I. Lyon, imp. Pitrat, 1870; 1 vol. in-12.

PAUL DE SAINT-ROBERT. *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*, t. II : *Artillerie.* Turin, Vincent Bona, 1873; 1 vol in-8°. (Présenté par M. Chasles.)

Congrès international d'Anthropologie et d'Archéologie préhistoriques. Compte rendu de la cinquième session à Bologne, 1871. Bologne, imp. Fava et Garagnani, 1873; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. de Quatrefages.)

MATHEY. *Nouvelle invention;* br. in-8° oblong.

Traité de Mécanique générale, comprenant les Leçons professées à l'École Polytechnique; par H. RESAL; t. Ier. Paris, Gauthier-Villars, 1873; 1 vol. in-8°.

Étude physiologique sur les effets toxiques de l'inée, poison des Pahouins (Gabon); par POLAILLON *et* CARVILLE. Paris, G. Masson, 1873; in-8°. (Présenté par M. le Baron Larrey pour le Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1873.)

Des complications cardiaques du croup et de la diphthérie, et en particulier

de l'endocardite secondaire diphthérique; par le Dr F. LABADIE-LAGRAVE. Paris, F. Savy, 1873; in-8°.

Manuel de Toxicologie; par DRAGENDORFF, traduit avec de nombreuses additions et augmenté d'un Précis des autres questions de Chimie légale par E. RITTER. Paris, F. Savy, 1873; 1 vol. in-8°.

Iconographie photographique des centres nerveux; par J. LUYS; 4e et dernière liv. Paris, J.-B. Baillière, 1873; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ch. Robin pour le Concours des prix de Médecine et Chirurgie, 1873.)

Le galéga, nouveau fourrage, sa culture, son usage et son profit; par GILLET-DAMITTE. Paris, Goin et Blériot, 1869; br. in-18.

Allaitement maternel. De la mortalité des nouveau-nés et du sirop de galéga; inventé par M. GILLET-DAMITTE, *préparé par* M. CHEVRIER. Paris, pharmacie Chevrier, sans date; opuscule in-18.

Nouvelles Annales de la Société d'Horticulture de la Gironde; année 1873, n° 1. Bordeaux, 1873; br. in-8°.

Les Merveilles de l'Industrie; par L. FIGUIER; 6e série : *le Savon.* Paris, Furne et Cie, 1873; grand in-8°, illustré.

Du corps des pharmaciens militaires, etc.; par le Dr C. ROUCHER. Paris, J.-B. Baillière, 1873; br. in-8°.

(*La suite du* Bulletin *au prochain numéro.*)

ERRATA.

(Séance du 5 mai 1873.)

Page 1141, ligne 6, en remontant, *au lieu de* M. QUINQUAND, *lisez* M. QUINQUAUD.

» ligne 3, en remontant, *au lieu de* un Cyprin doré de 33 grammes respire 1cc,48 en une demi-heure, 0cc,72 en un quart d'heure et 19 centimètres cubes en une demi-heure, *lisez* un Cyprin doré de 33 grammes respire 1cc,48 en un demi-heure, 0cc,72 en un quart d'heure; une Tanche (*Cyprinus tinca*) de 736 grammes absorbe 10 centimètres cubes en un quart d'heure, et 19 centimètres cubes en une demi-heure.

Page 1142, ligne 4, *au lieu de* diminue avec le poids, *lisez* diminue avec l'augmentation de poids.

Observations météorologiq. faites a l'Observatoire de Montsouris. — Avril 1873.

DATES.	HAUTEUR DU BAROMÈTRE à midi.	THERMOMÈTRES du jardin.			THERMOMÈTRES de la terrasse (1).			EXCÈS SUR LA MOYENNE normale de chaque jour.	TEMPÉRATURE MOYENNE du sol				THERMOMÈTRES CONJUGUÉS dans le vide (T − t).	TENSION DE LA VAPEUR (moyenne du jour).	ÉTAT HYGROMÉTRIQUE (moyenne du jour).	ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.	OZONE.
		Minima.	Maxima.	Moyennes.	Minima.	Maxima.	Moyennes.		à 0m,02.	à 0m,10.	à 0m,30.	à 1m,00.					
		°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°				
1	754,7	7,8	16,1	11,9	8,1	15,3	11,7	3,5	11,9	11,6	11,3	8,9	6,1	7,62	79	»	13,5
2	760,5	5,9	17,6	11,7	6,0	17,6	11,8	3,0	11,2	11,0	11,1	9,2	7,3	7,40	79	»	4,0
3	763,2	4,9	13,6	9,2	4,8	13,3	9,0	0,3	11,6	10,9	11,0	9,3	7,8	6,27	68	»	6,0
4	760,8	7,6	15,6	11,6	7,6	14,7	11,1	2,0	11,9	11,3	11,2	9,5	4,9	7,22	76	»	4,5
5	752,1	9,1	11,4	10,2	9,1	11,3	10,2	0,9	10,1	10,9	11,1	9,6	2,1	7,54	87	»	12,0
6	745,7	2,8	10,7	6,7	3,1	10,3	6,7	-3,3	8,5	9,2	10,2	9,7	3,2	5,62	82	»	8,0
7	747,6	1,1	7,9	4,5	1,4	7,7	4,5	-5,4	6,8	7,7	9,1	9,6	3,4	5,08	78	»	»
8	755,2	2,7	9,1	5,9	2,6	9,1	5,8	-4,0	6,8	7,3	8,4	9,5	3,7	5,18	79	»	3,5
9	758,3	2,5	9,3	5,9	2,7	9,3	6,0	-3,6	6,7	7,4	8,2	9,3	4,4	5,08	73	»	3,5
10	754,4	2,1	11,1	6,6	2,3	11,3	6,8	-2,6	6,6	7,0	7,9	9,1	5,1	4,16	54	»	2,0
11	752,6	3,1	12,7	7,9	3,2	12,5	7,8	-1,6	7,5	7,5	8,0	8,9	4,0	4,85	68	»	5,0
12	756,5	4,1	7,9	6,0	4,1	7,8	5,9	-3,4	7,2	7,5	8,1	8,8	1,4	5,78	79	»	5,5
13	755,2	5,2	14,3	9,7	5,4	13,9	9,6	-0,1	9,2	8,8	8,7	8,7	6,5	5,94	72	»	3,5
14	751,5	5,4	21,8	13,6	5,8	20,9	13,3	3,5	12,8	10,8	9,8	8,8	9,3	7,36	61	»	3,5
15	748,7	6,9	23,5	15,2	7,7	22,7	15,2	5,5	14,2	12,2	11,2	9,0	7,8	7,27	54	»	4,0
16	744,0	2,9	23,6	16,2	10,4	22,1	16,2	6,4	15,7	13,4	12,3	9,3	7,0	8,47	61	»	2,5
17	743,0	12,0	17,4	14,7	12,5	17,9	15,2	5,4	13,7	13,4	12,9	9,7	1,9	10,05	90	»	10,0
18	747,4	8,9	13,0	10,9	8,9	12,9	10,9	1,3	12,1	12,5	12,5	10,1	2,4	8,77	91	»	16,5
19	751,1	9,3	16,9	13,1	9,2	16,9	13,0	2,8	12,5	12,3	12,4	10,4	6,1	8,17	78	»	9,0
20	755,4	7,4	10,4	8,9	7,6	10,8	9,2	-1,6	10,5	11,0	17,7	10,5	1,4	6,93	80	»	5,5
21	756,0	7,5	14,0	10,7	7,5	13,7	10,6	-0,4	11,1	11,2	11,2	10,5	1,1	7,99	83	»	0,0
22	751,7	7,0	14,4	10,7	7,4	13,0	10,2	-0,9	10,8	11,0	11,4	10,5	6,4	5,84	68	»	0,0
23	750,0	4,6	9,8	7,2	4,3	9,4	6,8	-4,6	8,2	9,4	10,7	10,5	5,7	3,86	60	»	11,0
24	751,6	0,0	9,7	4,8	0,0	8,5	4,2	-7,1	8,0	8,6	9,7	10,4	5,3	4,58	74	»	6,0
25	755,8	-0,1	7,6	3,7	0,0	7,2	3,6	-7,7	7,0	7,8	9,2	10,2	7,9	3,20	61	»	4,0
26	759,3	-2,7	7,8	2,5	-2,0	7,0	2,5	-8,8	6,3	7,1	8,5	10,1	7,5	3,81	68	»	4,5
27	752,5	0,4	9,5	4,9	1,0	9,3	5,1	-6,4	6,6	7,2	8,2	9,8	3,9	4,60	69	»	6,0
28	759,0	0,5	10,5	5,5	0,9	9,6	5,2	-6,0	7,5	7,3	7,9	9,7	4,9	5,17	66	»	14,5
29	756,9	6,6	12,0	9,3	6,7	12,1	9,4	-2,1	8,4	8,4	8,6	9,5	2,6	6,55	84	»	10,0
30	760,4	3,1	15,3	9,2	3,9	14,4	9,1	-2,4	10,9	9,5	9,1	9,4	5,7	7,00	70	»	3,0
																»	»
Moy.	753,7	4,9	13,1	9,0	5,1	12,7	8,9	-1,2	9,7	9,7	10,1	9,6	4,9	6,25	73	»	6,2

(1) Ces thermomètres sont appliqués sur la façade nord de l'Observatoire, sur la terrasse et sous le portique du grand escalier.

Observations météorologiq. faites a l'Observatoire de Montsouris. — Avril 1873.

Dates.	Magnétisme terrestre (1). Observation de 9 heures du matin. Déclinaison.	Inclinaison.	Intensité.	Pluie. à $0^m,10$ du sol. (2)	à $1^m,80$ du sol. (3)	Évaporation.	Vents. Direction et force.	Nuages.	Nébulosité.	Remarques.
	° '	° '		mm	mm					
1	A+33,8	B+41,6	»	»	»	2,2	S faible.	S	0,7	Brume le matin.
2	27,7	42,9	»	»	»	4,4	NNO modéré.	NNO	0,6	Brouillard épais le matin.
3	30,4	42,9	»	»	0,0	3,7	NO modéré.	NNO	0,8	Halo à midi; pluvieux le soir.
4	25,9	43,3	»	»	0,0	3,0	O faible.	ONO	1,0	Lueur aurorale le soir.
5	32,1	44,3	»	»	1,4	1,9	O assez fort.	O	0,9	Pluie.
6	31,9	43,1	»	1,6	2,8	2,8	O modéré.	NO	0,9	Grains.
7	33,4	44,5	»	4,0	2,0	1,8	NO assez fort.	N	0,7	Grains.
8	33,2	43,4	»	1,4	»	3,4	NO modéré.	NO	0,8	Brume le matin.
9	33,2	42,7	»	»	0,9	2,8	E, NE modéré.	ENE	0,7	Tonnerre et pluie à 6^h soir.
10	32,8	43,9	»	0,9	»	8,6	NE fort.	NE	0,7	Brume. Halo à minuit.
11	32,8	43,7	»	»	»	6,7	N assez fort.	N	0,9	Brume.
12	30,9	43,4	»	»	»	2,9	N modéré.	N	1,0	Brume.
13	31,2	43,4	»	»	»	2,7	ESE faible.	SSE	0,5	Brume le matin; rosée le soir.
14	31,1	42,9	»	»	»	4,8	ESE faible.	ESE	0,4	Rosée le matin.
15	32,0	41,9	»	»	»	5,9	S faible.	SSO	0,5	Brume.
16	30,2	42,2	»	»	»	4,8	S faible.	SSO	0,8	»
17	31,1	44,4	»	»	25,8	1,0	NO tr.-faible.	NO	1,0	Pluie; lueur aurorale le soir.
18	32,7	43,8	»	29,1	4,8	1,5	ONO modéré.	NO	1,0	Pluie; lueur aurorale le soir.
19	27,6	45,5	»	4,2	0,0	4,4	N assez fort.	N	0,9	Brume, pluvieux le soir.
20	24,4	44,4	»	»	0,0	3,2	N assez fort.	N	1,0	Lueur aurorale le soir.
21	27,4	45,0	»	»	»	1,3	NE faible.	NE	1,0	Brume; lueur aurorale le soir.
22	29,0	45,4	»	»	»	5,5	NNE ass. fort.	NNE	0,6	Brume; lueur aurorale le soir.
23	30,2	43,4	»	»	»	6,7	N fort.	NE	0,5	Brume.
24	29,9	42,8	»	»	»	3,7	NNO modéré.	NNO	0,7	Neigeux et pluvieux.
25	31,7	43,2	»	»	»	5,4	NE ass. fort.	N	0,4	Brume le matin.
26	28,1	45,1	»	»	0,2	2,5	N modéré.	N	0,7	Grêle à 4^h soir; rosée le soir.
27	29,0	44,6	»	0,2	3,8	2,0	N assez fort.	ONO	0,8	Brume le matin. Pluie.
28	29,8	43,4	»	4,2	0,0	4,2	O modéré.	NO	0,9	Brume; lueur aurorale le soir.
29	30,7	41,7	»	0,1	2,8	2,7	NO modéré.	NNO	0,8	Pluie.
30	30,3	41,1	»	3,0	»	4,0	O modéré.	NO	0,9	Brume le matin.
Moy.	A+30,5	B+43,5	»	48,7	44,5	110,5			0,77	

(1) La position du zéro des instruments n'a pas encore été déterminée à l'aide des boussoles de déclinaison et d'inclinaison absolues.
(2) Une seule observation par jour à 7 heures. — (3) 7 observations par jour.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A L'OBSERVATOIRE DE MONTSOURIS. — AVRIL 1873.

Résumé des observations régulières.

	8h M.	9h M.	Midi.	3h S.	6h S.	9h S.	Minuit.	Moy.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Baromètre réduit à 0°	753,87	754,03	753,71	753,19	753,43	754,03	753,89	753,92 (1)
Pression de l'air sec	754,51	747,79	747,74	747,23	747,39	747,74	747,41	747,67 (1)
	°	°	°	°	°	°	°	°
Thermomètre à mercure (fixe)	6,72	8,45	11,04	11,95	10,48	8,56	7,02	8,77 (1)
» (fronde)	6,80	8,56	11,21	12,06	10,55	8,54	6,99	8,82 (1)
Thermomètre à alcool incolore	6,54	8,27	10,85	11,77	10,34	8,41	6,89	8,60 (1)
Thermomètre électrique à	»	»	»	»	»	»	»	»
Thermomètre noirci dans le vide, T′	14,55	19,03	26,83	24,64	11,77	»	»	20,57 (2)
Thermomètre noir dans le vide, T	13,49	17,59	24,87	23,00	11,53	»	»	19,25 (2)
Thermomètre incolore dans le vide, t	9,64	12,51	17,38	17,02	10,51	»	»	14,36 (2)
Excès ($T' - t$)	4,91	6,52	9,45	7,62	1,26	»	»	6,21 (2)
Excès ($T - t$)	3,85	5,08	7,49	5,98	1,02	»	»	4,89 (2)
Températ. du sol à 0m,02 de profondr	7,89	9,36	12,02	12,77	10,88	9,29	8,30	9,74 (1)
» 0m,10 »	8,89	9,11	9,94	10,66	10,69	10,15	9,62	9,70 (1)
» 0m,20 »	9,49	9,41	9,54	9,89	10,18	10,21	9,97	9,78 (1)
» 0m,30 »	9,98	9,86	9,80	9,94	10,16	10,32	10,26	10,06 (1)
» 1m,00 »	9,59	9,60	9,62	9,63	9,62	9,62	9,62	9,61 (1)
Tension de la vapeur en millimètres	6,36	6,24	5,97	5,96	6,04	6,29	6,48	6,25 (1)
État hygrométrique en centièmes	84,2	73,3	60,2	57,0	62,7	74,4	84,4	73,1 (1)
Pluie en millimètres (à 1m,80 du sol)	1,5	6,1	8,9	2,5	22,9	2,6	0,0	t. 44,5
» (à 0m,10 du sol)					Total du mois			t. 48,7
Évaporation totale en millimètres	13,79	6,26	18,52	25,63	23,24	13,41	9,64	t. 110,5
Pluie moy. par heure (à 1m80 du sol)	0,21	3,05	2,97	0,83	7,63	0,87	0,00 (3)	»
Évaporation moyenne par heure	1,97	3,13	6,17	8,54	7,75	4,47	3,21 (3)	»
Inclinaison magnétique (4) B +	43′,67	43′,46	42′,09	41′,18	41′,57	42′,44	43′,07	42′,76 (1)
Déclinaison magnétique (4) A +	31,49	30,48	19,90	20,36	25,37	28,18	28,82	26,84 (1)
Tempér. moy. des maxima et minima (parc)								9°,0
» » (façade nord du bâtiment, terrasse du grand escalier)								8,9
» à 10 cent. au-dessus d'un sol gazonné (thermomètres à boule verdie)								12,7

Nota. — Dans l'installation nouvelle de la boussole des variations de déclinaison, les angles sont comptés positivement dans le sens de l'est et négativement dans le sens de l'ouest. Le terme A est donc négatif. Lorsque cette constante aura été déterminée, nous rétablirons les déclinaisons dans leur forme ordinaire et avec leur valeur absolue.

---

(1) Moyenne des observations de 9 heures du matin, midi, 9 heures du soir et minuit.

(2) Moyenne des observations de 9 heures du matin, midi, 3 heures et 6 heures du soir.

(3) Moyennes du mois.

(4) La valeur des constantes A et B sera donnée ultérieurement.